Die Zucht des Hybriden *Actias sinensis* (Walker, 1855) Männchen × *A. dubernardi* (Oberthür, 1897) Weibchen (Lepidoptera: Saturniidae)

Franz Renner, Roland Prange, Rainer Plontke und Wolfgang A. Nässig

Franz Renner, Dahlienweg 4, D-89155 Erbach, Deutschland; franz.renner@gmx.de
Roland Prange, Jungfernhohlweg 24, D-06484 Quedlinburg, Deutschland
Dr. Rainer Plontke, Göttern, Am Schwemmtümpfel 15, D-99441 Magdala, Deutschland; rainer@plontke-magdala.de
Dr. Wolfgang A. Nässig[1], Entomologie II, Forschungsinstitut Senckenberg, Senckenberganlage 25, D-60325 Frankfurt am Main, Deutschland; wolfgang.naessig@senckenberg.de

Zusammenfassung: Es werden die Präimaginalstadien und die Imagines des Hybriden ♂ *Actias sinensis* (Walker, 1855) × ♀ *Actias dubernardi* (Oberthür, 1897) sowie zum Vergleich die der beiden Elternarten dargestellt und farbig abgebildet. Die Verbreitung der beiden Elternarten überlappt weiträumig; sie wird schematisch auf Karten dargestellt. *A. dubernardi* ist ein Koniferenfresser (*Pinus* im Freiland, auch andere Pinaceen in der Zucht), *A. sinensis* frißt als Raupe auf *Liquidambar;* die Hybridraupen akzeptierten beide Futter, bevorzugten aber *Liquidambar*. Anpassungen im Raupenhabitus an die koniferengebundene Lebensweise werden vergleichend diskutiert. Ein kleiner Überblick über andere Hybriden innerhalb der *Actias*-Gruppe wird gegeben. Weiterhin werden Beobachtungen aus der Zucht beschrieben. Erstmals werden auch ♂ und ♀ Genitalarmaturen eines *Actias*-Hybriden abgebildet und beschrieben. Der Hybrid ist in vielen Merkmalen intermediär, erinnert aber habituell stark an *A. sinensis*. Zu *Actias isabellae* (Graëlls, 1849) gibt es eine kurze taxonomische Anmerkung.

Rearing the hybrid *Actias sinensis* (Walker, 1855) male × *A. dubernardi* (Oberthür, 1897) female (Lepidoptera: Saturniidae)

Abstract: The preimaginal instars and imagines of the hybrid of ♂ *Actias sinensis* (Walker, 1855) × ♀ *Actias dubernardi* (Oberthür, 1897) as well as those of its parent species are described and illustrated in colour. The distribution areas of both parent species are schematically illustrated. *A. dubernardi* larvae feed on conifers (*Pinus massoniana,* Pinaceae, in the wild; other Pinaceae species are accepted in captivity), while *A. sinensis* feeds on *Liquidambar* (Hamamelidaceae). Larvae of the hybrid accepted both foods, but preferred *Liquidambar*. Observations made while rearing are provided. Adaptations of *Actias* (s. l.) larvae for conifer feeding are described and discussed. Other known hybrid pairings within the *Actias* group are compiled. For the first time, ♂ and ♀ genitalia of an *Actias* hybrid are described and illustrated, and compared with the parent species. The hybrid shows several characters intermediate between the parent species or closer to *A. dubernardi,* but at first glance strongly resembles *A. sinensis*. A short taxonomic note on *Actias isabellae* (Graëlls, 1849) is added.

Einleitung

Lebendige hybride Imagines zwischen nah verwandten Arten von Schmetterlingen lassen sich auch immer wieder im Freiland finden; bekannte Beispiele sind etwa die Bläulinge der Gattung *Polyommatus* Latreille, 1804, siehe etwa de Lesse (1961, 1969) oder die Auflistung von 12 verschiedenen Freilandhybriden bei Schurian (1989); oder bei Schwärmern (etwa Gattungshybriden zwischen *Smerinthus* und *Laothoe,* Arthybriden in der Gattung *Deilephila* etc.; Zusammenfassung des damaligen Wissensstandes siehe etwa Denso 1912). Diese Freilandhybriden haben Züchter oft angeregt, Hybridisierungen auch selbst aktiv zu versuchen (Beispiel Gattung *Saturnia:* Zusammenfassungen siehe bei Standfuss 1896, 1900, Jordan 1911: 223, Bollow 1932; später durch verschiedene andere Autoren weitergeführt, siehe etwa Amiot 1930 etc.; bis hin zu 4-Arten-Hybriden!); eine umfangreiche Liste von erzielten Hybridationen bei Saturniiden siehe auch bei Gardiner (1982: 50), allerdings ohne Details. Insbesondere die Arten der Gattung *Actias* Leach, 1815 im weitesten Sinne, die wegen ihrer langen Hinterflügelschwänze und ihrer Schönheit die Phantasie der Züchter und Sammler sowieso anregen, haben den Versuch zur Hybridisierung zumindest innerhalb der Saturniidae in den letzten Jahrzehnten besonders oft ausgelöst (siehe die Zitate in Tabelle 1).

Schranken, die im Freiland im Regelfall die Entstehung von Hybriden verhindern, sind unter anderen:

1. die generelle geographische Verbreitung der Arten,
2. die Besiedlung spezieller, artspezifischer Lebensräume,
3. unterschiedliche Flug- und Erscheinungszeiten,
4. unterschiedliche Tageszeiten der Paarungsflüge;
5. darüber hinaus natürlich Unterschiede in den Sexualpheromonmischungen (auch wenn solche Unterschiede bei nah verwandten Arten eher seltener die Haupthybridisationsschranke darstellen; so viele chemisch verschiedene Pheromonkomponenten gibt es auch wieder nicht)
6. sowie Inkompatibilitäten in der Genitalarmatur (mechanische Verhinderung erfolgreicher Paarung und Befruchtung) oder
7. bei der Befruchtung der Eier (die deswegen gar keine Hybridraupen entstehen lassen) oder auch
8. in der Physiologie (die das Wachstum und die Zelldifferenzierung des Hybridembryos behindern).

Gerade die ersten vier dieser Faktoren, die **umweltbedingte** Schranken zwischen grundsätzlich paarungsbereiten Geschlechtspartnern im Freiland darstellen, können in der Zucht leicht überwunden werden.

Eine Triebkraft für solche experimentelle Arbeiten ist zweifelsohne das Abenteuer, Falter zu erhalten, die in

[1] 68th contribution to the knowledge of the Saturniidae/68. Beitrag zur Kenntnis der Saturniidae.

Tabelle 1: Bisher erzielte, teilweise publizierte Hybridkreuzungen von *Actias*-Arten (sensu lato); die Erfassung der Literatur ist hier wohl nicht vollständig.

Hybridpaarung (♂ × ♀)	Zitat, Quelle, Anmerkung
primäre Arthybriden	
luna × *selene*	= „Hybrid *mortoni* Tutt, 1902"; der älteste in der Gruppe bekannte, spontane Arthybrid (Jordan 1911: 212)
selene × *luna*	wegen der vergleichsweise sehr großen Genitalarmatur des ♂ von *A. selene* (vom Himalaya) kam es bei einer spontanen, unbeabsichtigten Paarung dieser Kombination zu einer tödlichen Verletzung des *luna*-♀; das Paar konnte sich nicht trennen, keine befruchteten Eier erhalten (Nässig unveröff., ca. 1982)
isabellae × *luna*	Cocault et al. (1979, 1980), Adès et al. (1989); Plontke et al. (unveröff.)
isabellae × *sinensis* (als *heterogyna*)	Vuattoux (1983), Adès et al. (2005)
isabellae × *selene*	Adès et al. (1993b)
luna × *truncatipennis*	Adès et al. (1993a)
isabellae × *truncatipennis*	Adès et al. (1994)
isabellae × *artemis*	Adès et al. (1995)
selene × *artemis* *luna* × *artemis* *artemis* × *selene* *maenas* × *luna* *maenas* × *isis*	Vuattoux et al. (unpubl., pers. Mitt. seit 1993 an W. A. Nässig; Fotos und Teilbelege in CWAN/SMFL)
isabellae × *dubernardi*	Lemaître et al. (unpubl., pers. Mitt. 2005 an S. Naumann; Fotos von Raupe und Hybrid-♂ auf käuflich erworbenen Postkarten)
Rückkreuzungen	
(*isabellae* × *sinensis*) × *sinensis*	Adès & Vuattoux (2005)

ihrem Aussehen von allem Bekannten abweichen. Hingegen ist die Aussagefähigkeit solcher Hybridisierungsexperimente für die Systematik, Taxonomie und Phylogenieerforschung nur recht begrenzt; erhält man einen vitalen (womöglich sogar fertilen!) Hybriden, dann sagt das noch nicht viel aus (siehe die Schwärmer-Gattungshybriden im Freiland). Nur wenn eine zuchttechnisch sonst erfolgreiche Hybridpaarung zwischen zwei Taxa beziehungsweise Populationen in mehreren Versuchen:

- überzufällig wenige oder gar keine lebenden Raupen oder Falter als Nachkommen ergibt,
- oder wenn die endlich erzielten ♀♀ des Hybriden überhaupt keine befruchtbaren Eier im Hinterleib haben (bei den ♂♂ ist die Fertilität natürlich schwerer zu überprüfen, nämlich nur in Paarungsversuchen; dann gilt aber im Prinzip die gleiche Aussage),
- oder wenn die F_1-Nachkommen überzufällig oft beziehungsweise einen überzufällig großen Anteil auf andere Weisen reduzierte Vitalität und/oder Fertilität aufweisen (beispielsweise in Rückkreuzungen mit den Elternarten oder als F_2-Hybrid),
- oder wenn die ♀♀ des Hybriden wegen mangelnder körpereigener Ecdysonproduktion nicht zur Entwicklung kommen (und dann nur mittels künstlicher Ecdysonzufuhr per Injektion zum Schlupf kommen: siehe zum Beispiel Loeliger & Karrer 1996, Plontke & Predel 1999 oder Adès et al. 2005; bei ♂♂ wurde ein solches Phänomen unseres Wissens bisher nicht beobachtet),
- oder sich irgendwelche anderen „Ausfallserscheinungen" zeigen,

kann man mit einiger Berechtigung die **Existenz einer Artschranke** zwischen den beiden Elterntaxa annehmen. Hierbei gilt, daß eigentlich (generell von der Technik her erfolgreiche Zucht ohne Infektionen etc. vorausgesetzt!) nur die *negativen Ergebnisse* (= verringerte Fertilität etc.) *positive Hinweise* (nämlich für Artverschiedenheit) geben können; der Umkehrschluß ist logischerweise in der Regel nicht möglich oder sehr viel weniger aussagekräftig.

Als Auslöser für diesen Beitrag wurden die bisher noch nicht oft in Gefangenschaft gezogene *Actias dubernardi* (Oberthür, 1897) und die oft gezüchtete, aber kaum beschriebene *A. sinensis* (Walker, 1855) (= *heterogyna* Mell, 1914) zur Hybridisierung gebracht; dieser primäre Arthybrid (einschließlich seiner Präimaginalstadien), der intern als „Hybrid sindu" bezeichnet wurde, ist bisher noch nicht beschrieben und abgebildet worden.

Die Vergabe eines offiziellen Namens für diesen Hybriden ist hier nicht vorgesehen; Hybridennamen sind taxonomisch ohne Status und Bedeutung und darüber hinaus irreführend, weil sie für Außenstehende als Artnamen erscheinen können und die tatsächliche Hybrideneigenschaft nicht andeuten. Die korrekte Bezeichnung eines Hybriden wird durch die Angabe der Elterntaxa (nach dem Motto: „Art1 ♂ [= Vater] × Art2 ♀" [= Mutter]) erzeugt und ist damit stets zweifelsfrei, auch wenn es bei Mehrfachhybriden mit verschachtelten Elternschaften vielleicht manchmal etwas unübersichtlich werden kann.

Die vorliegende Darstellung soll, durchaus auch als Anregung für Nachvollziehende, Erfahrungen mit der Hybridenzucht darstellen und weitere Mosaiksteinchen für darüber hinausgehende Studien aufzeigen.

Verwendete Abkürzungen und Termini

A1–A10 Abdomensegmente 1–10 (bei der Raupe).

CSNB Sammlung S. Naumann, Berlin.

CWAN Sammlung Wolfgang A. Nässig, Mühlheim am Main beziehungsweise Schlüchtern; jetzt in SMFL, Frankfurt am Main.

Hfl. Hinterflügel.

OS Oberseite (der Flügel bei der Imago).

Phallus Gemäß Kristensen (2003: 103) wird hier nicht der inhaltlich falsche Begriff Aedoeagus verwendet, sondern stattdessen das Wort Phallus.

SMFL Lepidopterensammlung des Senckenberg-Museums, Frankfurt am Main (inklusive coll. W. A. Nässig).

T1–T3 Thoraxsegmente 1–3 (bei der Raupe).

US Unterseite (der Flügel bei der Imago).

Vfl. Vorderflügel.

Meßverfahren (Definitionen und Abkürzungen; siehe hierzu auch Schema 1)

Al. Antennenlänge (tatsächliche Länge, gemessen an gerader, gestreckter Antenne von der Antennenbasis bis zur unbeschädigten Spitze, ohne perspektivische Längenverluste) der Imago, gemessen möglichst an der rechten Antenne. Dieser Wert kann, wenn er exakt sein soll, nur unter dem Binokular mit Hilfe eines mit einem Objektmikrometer geeichten Okularmikrometers gemessen werden.

FlQ. Flügelquotient; berechnet sich nach der Formel Sl./Vfll. = (HfllS. minus Hfllo.)/Vfll. (siehe Schema 1). Dieser Quotient gibt wohl am besten die Unterschiede in der Flügelform zwischen den Arten und dem Hybriden bezüglich der Schwanzlänge wider.

Hfll. Hinterflügellänge (siehe Schema 1; entspricht im Falle der *Actias*-Gruppe der Gesamthinterflügellänge = HfllS.).

Hfllo. Hinterflügellänge **ohne** Schwanzlänge (siehe Schema 1), gemessen in gerade Linie von der Flügelwurzel über die Mitte der Hinterflügelocelle zum Hfl.-Außenrand (um die Schwanzlänge von der Gesamthinterflügellänge zu trennen).

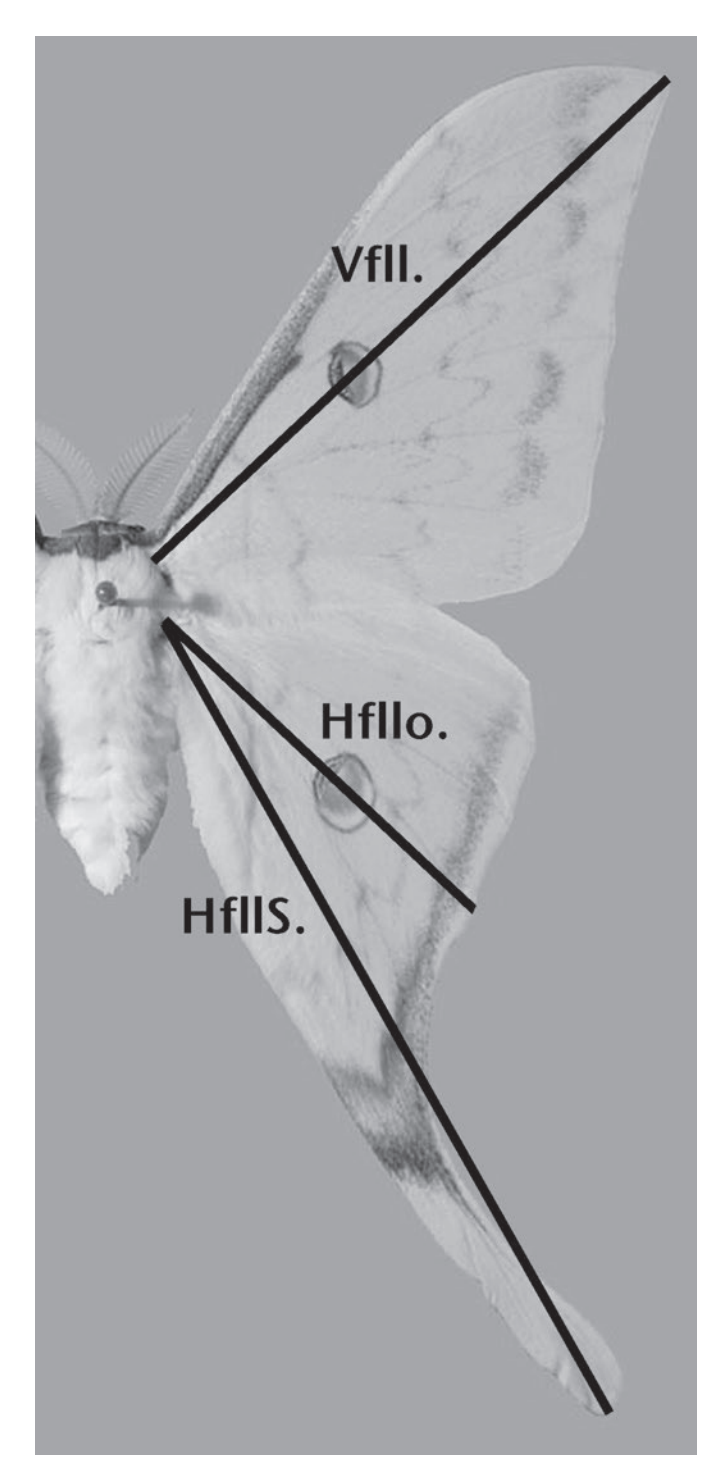
HflQ. Hinterflügelschwanzquotient; entspricht dem Quotienten (HfllS. minus Hfllo. = Sl.)/Hfllo. (siehe Schema 1).

HfllS. Hinterflügellänge **einschließlich** Schwanzlänge (siehe Schema 1; = Gesamthinterflügellänge), gemessen in gerade Linie von der Flügelwurzel bis zur äußersten Schwanzspitze.

LlR. Länge der längsten Rami der (falls möglich rechten) Antenne (tatsächliche Länge, gemessen an gerader, gestreckter Antenne am längsten Ramus von der Antennenachse bis zur unbeschädigten Spitze des Ramus, ohne perspektivische Längenverluste). Diese Strecke ist (wegen der meist schrägstehenden Rami) keinesfalls identisch mit der „halben Antennenbreite“! Dieser Wert kann ausschließlich unter dem Binokular mit Hilfe eines mit einem Objektmikrometer geeichten Okularmikrometers gemessen werden. Gemessen wird je nach Art entweder etwa in der Antennenmitte oder etwas näher zum Kopf hin, und zwar meist die dorsalen Rami (die ventralen nur, wenn sie länger sind).

Sl. Schwanzlänge ohne Restflügellänge des Hfl.; idealisierter Wert, entspricht im Schema 1 der Strecke [HfllS. minus Hfllo.] (weil der Übergang zwischen Hinterflügel und Schwanz fließend ist und keine scharfe Trennungslinie gezogen werden kann).

Vfll. Vorderflügellänge, gemessen in gerader Linie von der Flügelwurzel zum unbeschädigten Apex (siehe Schema 1).



Schema 1: Meßverfahren an den Flügeln. — Erklärung: **Vfll.** = Vorderflügellänge, gemessen in gerade Linie von der Flügelwurzel bis zum Apex. **HfllS.** = Hinterflügellänge **einschließlich** Schwanzlänge, gemessen in gerader Linie von der Flügelwurzel bis zur äußersten Schwanzspitze. **Hfllo.** = Hinterflügellänge **ohne** Schwanz, gemessen in gerader Linie von der Flügelwurzel über die Mitte der Hfl.-Diskoidalozelle bis zum Außenrand des Flügels.

Herkunft des Zuchtmaterials und Gesamtverbreitung der beiden Elternarten

Unser Ausgangsmaterial für die Hybridzucht stammt aus der VR China (Ortsangaben nach den Versendern des Materials). Die Fundorte der in der Zucht verwendeten Elterntiere sind für

- *A. dubernardi:* Nord-Sichuan, Guangwushan, 1600 m, Nanshan-Distrikt (nahe der Grenze zu Shaanxi).
- *A. sinensis:* West-Hunan, Zhangjiaje, 1800 m, Dayong (nahe der Grenze zu Hubei), leg. Weng et al. vi. 2004.

Weitere Fundortangaben zur Gesamtverbreitung der Arten siehe in Tabelle 2 sowie auf der Karte 3.

Funde von ***Actias sinensis*** sind uns bekannt (siehe Tabelle 2, Karten 1, 3) von den Staaten Indien (Arora & Gupta 1979; SMFL), Myanmar (früher Burma; CSNB), Thailand (Pinratana & Lampe 1990; div. colls.), Vietnam (Candèze 1927, de Joannis 1929, Lemée 1950, Nässig 1994; div. colls.), Laos (Brosch et al. 1999, Brosch & Naumann 2006) und Volksrepublik China (Mell 1950, Zhu & Wang 1993, 1996; div. colls.) sowie Taiwan (Nässig 1980, Owada & Wang 1992 [als *heterogyna*]; div. colls.); dazu



Karte 1: Provinzen aus China sowie Taiwan, von denen Funde von *Actias sinensis* bekannt sind (summarische Angaben, keine flächendeckende Verbreitung!). Ohne außerchinesische Funde.



Karte 2: Provinzen aus China, von denen Funde von *Actias dubernardi* bekannt sind (summarische Angaben, keine flächendeckende Verbreitung!). Ohne außerchinesische Funde.

Angaben nach Daten aus den Sammlungen der Autoren, dem Senckenberg-Museum in Frankfurt am Main und der Sammlung S. Naumann, Berlin.

Actias dubernardi ist außer aus der Volksrepublik China noch zusätzlich nur noch von NE-Myanmar bekannt (Naumann 2006; siehe Tabelle 2; Karten 2, 3). Angaben in der Literatur für Vietnam (siehe Peigler *in* Nässig 1994) konnten sich trotz intensivem Sammeln im nördlichen Vietnam bisher nicht bestätigen lassen (siehe Nässig 1994; Naumann mündl., 2006). Mit aktuellen Funden und Literaturangaben (Mell 1950, Zhu & Wang 1993, 1996) sowie Daten aus den Sammlungen der Autoren, dem Senckenberg-Museum Frankfurt am Main und der Sammlung S. Naumann, Berlin, ergibt sich annäherungsweise das momentane Bild (siehe Karten 1–3).

Tabelle 2: Fundareale von *A. sinensis* und *A. dubernardi;* Angaben kompiliert aus den Sammlungen der Autoren und des Senckenberg-Museums, der Literatur (siehe Literaturverzeichnis) sowie aus der Sammlung S. Naumann, Berlin. Angaben summarisch; eine punktgenaue Erfassung ist hier nicht vorgesehen.

Land	Nachgewiesen aus den folgenden Provinzen etc.
Actias sinensis	
China	Tibet, Yünnan, Sichuan, Gansu, Shaanxi, Hubei, Hunan, Guizhou, Guangxi, Guangdong, Hainan, Zhejiang, Jiangxi, Fujian (siehe Karte 1)
Taiwan	im Gebirge
Vietnam	im Norden
Laos	im Norden
Thailand	im Nordosten
Myanmar	im Norden und Osten
Indien	im Nordosten
Actias dubernardi	
China	Yünnan, Sichuan, Gansu, Shaanxi, Hubei, Hunan, Guizhou, Guangxi, Guangdong, Hainan, Zhejiang, Anhui, Jiangxi, Fujian (siehe Karte 2)
Myanmar	Kachin State, entlang der Grenze zu Yünnan

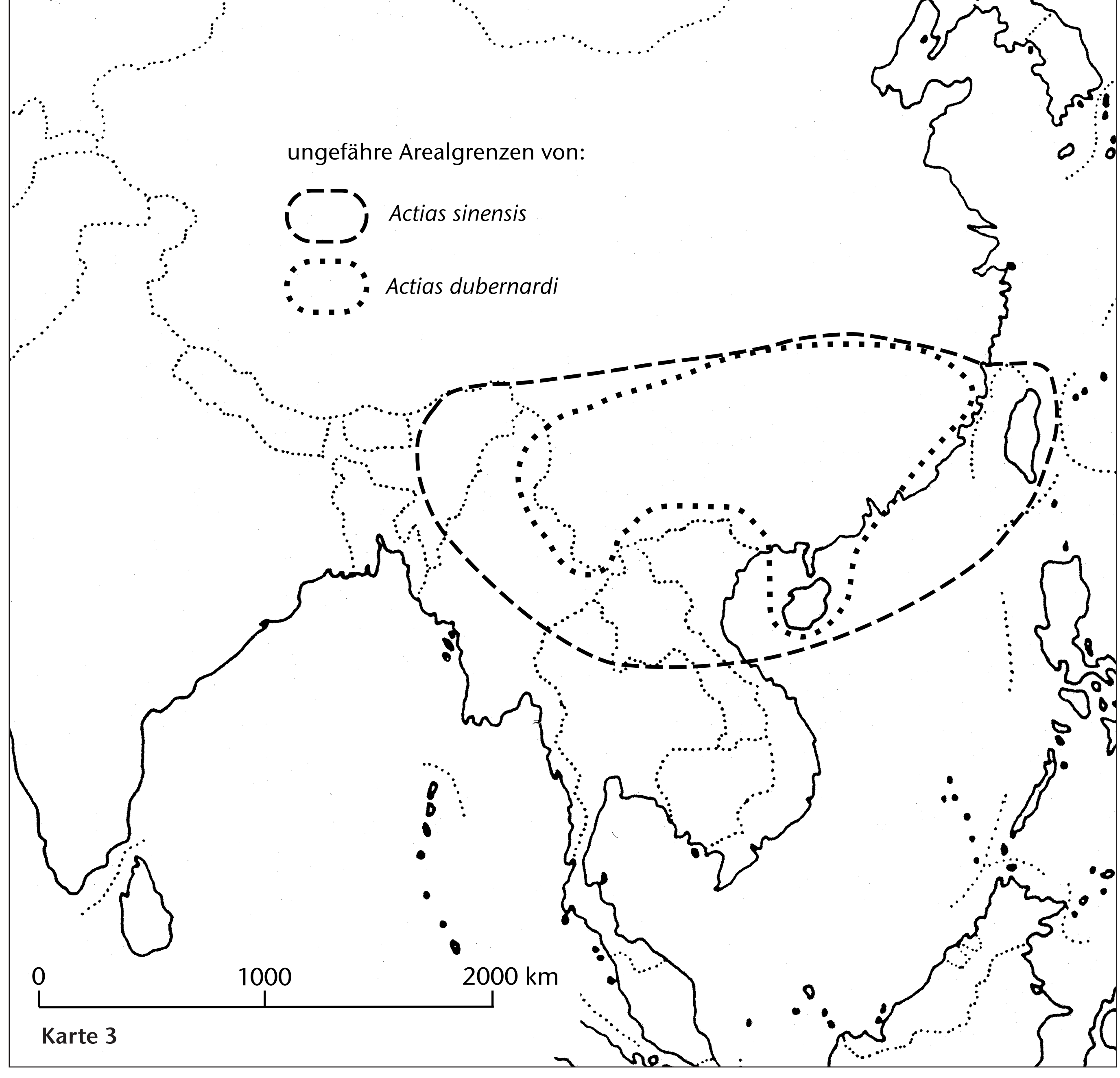
Eindeutig belegt ist, daß beide Arten stellenweise am gleichen Flugort zur gleichen Zeit vorkommen, wie am Licht am gleichen Tag und Ort gefangene ♂♂ von *dubernardi* und *sinensis* beweisen. Theoretisch wäre es daher möglich, daß zwischen beiden Arten auch im Freiland eine Hybridisierung stattfinden könnte. Diese ist jedoch bisher noch nicht beobachtet beziehungsweise beschrieben worden.

Betrachtet man die Fundorte, so stellt man fest, daß es sich um benachbarte Provinzen handelt, die sich alle etwa zwischen 23° (*A. dubernardi*) beziehungsweise 18° (*A. sinensis*) und 33° nördlicher Breite befinden. Zum Vergleich: auf ungefähr ebendiesem Breitenkreisbereich liegt Algerien. Man beachte jedoch, daß die Funde in der Regel deutlich über 1000 m Höhe liegen; in Algerien entspräche das den Hochlagen des Atlasgebirges. Man kann also in etwa davon ausgehen, daß die im Verbreitungsgebiet beider Arten herrschenden klimatischen Bedingungen auf Grund der Meereshöhe nur eingeschränkt von unserem mitteleuropäischen Klima abweichen.

Mögliche verwandtschaftliche Beziehungen

Was die mit *A. dubernardi* nächstverwandten Arten in der Gattung sind, ist noch unklar: eventuell die *maenas*-Gruppe (Ylla et al. 2005)? Oder auch *Actias chapae* (Mell, 1950), siehe Yu & Naumann (2006), besonders wegen der verhältnismäßig ähnlichen Genitalstruktur? *A. sinensis* ist auf jeden Fall höchstwahrscheinlich **nicht** ihre direkte Schwesterart (Ylla et al. 2005).

Habituell der *A. sinensis* sehr ähnliche und auch vermutlich mit ihr nächstverwandte Arten (= „*sinensis*-Artengruppe“): Aus Laos wurde die seit der Urbeschreibung nicht wiedergefundene *A. laotiana* Testout, 1936 beschrieben, und aus China folgte kürzlich noch die gleichfalls sehr ähnliche *A. angulocaudata* Naumann & Bouyer, 1998; beide sind habituell ähnlich zu *A. sinen-*



Karte 3: Ungefähre Gesamtverbreitungsarealgrenzen von *Actias sinensis* und *A. dubernardi*. Grob schematische Angaben.

sis und damit wahrscheinlich auch nahe Verwandte. Auch wenn Naumann & Bouyer (1998) wegen gewisser Unterschiede im ♂-Genitalapparat eine nur geringe Verwandtschaftsnähe zwischen *A. sinensis* und *A. angulocaudata* postulierten (die der *angulocaudata* zumindest habituell sehr ähnliche *A. laotiana* lag ihnen damals nicht vor), erscheint diese Auffassung bisher nicht überzeugend belegt, so daß wir weiterhin (bis zur Widerlegung) von einer näheren Verwandtschaft dieser habituell ähnlichen Taxa ausgehen. — Ob die kürzlich aus dem Süden von Vietnam beschriebene *A. australovietnama* Brechlin, 2000 nur eine südliche Form von *A. angulocaudata* oder wirklich eine separate Art ist, ist noch ungeklärt; dieses Taxon gehört jedenfalls auch noch in dieselbe Gruppe mit hinein.

Zuchtverlauf

Am Beginn eines jeden Hybridisationsversuchs steht in der Regel die erfolgreiche Zucht der Ausgangsarten. Im konkreten Falle wurden insgesamt in den letzten Jahren bis zum Falter gezogen (summarisch in Erbach, Quedlinburg und Magdala):

- *sinensis:* ca. 350 Stück
- *dubernardi:* ca. 200 Stück
- Hybrid *sinensis* × *dubernardi:* ca. 50 Stück

Raupenfutterpflanzen

Für eine erfolgreiche Zucht ist die Auswahl der geeigneten Raupenfutterpflanze sowie ihre ausreichende Verfügbarkeit ein entscheidendes Kriterium.

Bei ***Actias sinensis*** ist *Liquidambar* (Hamamelidaceae) als Futterpflanze bekannt (siehe unter anderem Nässig 1980). Als Vertreter der asiatischen Flora handelt es sich dabei in China natürlich primär um *Liquidambar orientalis* Miller, eine Pflanze, die in Mitteleuropa schlecht gedeiht, offenbar unsere Winter nicht so gut übersteht, oder verwandte asiatische Arten. Besser steht es hier um den Amerikanischen Amberbaum, *Liquidambar styraciflua* L., der seit 1681 in Europa kultiviert wird (Větvička 1995), in Gartenmärkten erworben werden kann und in manchen Städten sogar als Straßenbaum gut eingeführt ist. Dies machte uns Hoffnung, da — in Analogie — bekannt ist, daß asiatische Arten der Gattung *Loepa* Moore, 1859 an wilden Weinreben leben, in Asien natürlich unter anderem an dem dort heimischen *Parthenocissus tricuspidata* (Sieb. & Zucc.) Planch., aber mit ebenso gutem Erfolg bei uns am amerikanischen Pendant *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch. fressen und auch mit Laub von echtem Wein (*Vitis vinifera* L.) ernährt werden können. Diese Hoffnung bestätigte sich auch für *Actias sinensis*. Als Ersatzfutter wurden auch Myrtengewächse (Myrtaceae) der Gattungen *Eugenia* (pers. Mitt. Robert Vuattoux) und *Eucalyptus*, hier speziell *E. gunnii* (pers. Mitt. Alan Marson), angenommen.

Von ***Actias dubernardi*** ist bekannt, daß die Raupe in ihrer Heimat an *Pinus massoniana* frißt (Mell 1950: 53). Diese Kiefernart ist in unseren Breiten kaum aufzutreiben. Folgende Pflanzen (alles Familie Pinaceae) wurden bei der Zucht von den Raupen akzeptiert (teilweise bestätigt auch durch andere Züchter):

- *Pinus sylvestris* L., Gemeine Kiefer (Daniel Herbin, priv. Mitt.);
- *Pinus strobus* L., Weymouthskiefer (eigene Versuche);
- *Larix decidua* Miller, Europäische Lärche (eigene Versuche);
- *Cedrus libani* Loud., Libanonzeder (eigene Versuche);
- *Picea abies* (L.) Karsten, Gemeine Fichte (Fernand Hohl, priv. Mitt.);
- *Pinus mugo* Turra, Bergkiefer, Latsche (ältere Raupen: eigene Versuche; von Jungraupen in L_1 und L_2 noch abgelehnt).
- Weitere Futterpflanzendaten siehe auch bei Naumann (2006, im selben Heft).

Dabei zeigte sich, daß Zuchterfahrungen nicht 1:1 zwischen den beteiligten Züchtern in Erbach, Quedlinburg und Magdala übertragen werden können. Offenbar spielen externe Faktoren bei den Pflanzen (möglicherweise: Standort, Bodenbeschaffenheit, individuelle Besonderheiten der Pflanzen), eventuell auch genetische Disposition der jeweiligen Population der Falter bei unterschiedlichen Zuchtstämmen eine entscheidendere Rolle als die Futterpflanzenart selbst.

Das für die Hybridisation benutzte ♀ (Muttertier, *A. dubernardi*) wurde an *Larix* aufgezogen, die angeführten Zuchtdaten in Grafik und Tabelle gelten aber für ein *dubernardi*-♀, das mit *Pinus strobus* ernährt wurde.

Details zur *sinensis*-Zucht

Die Zucht wurde von drei Züchtern parallel mit Material von zwei Fundorten durchgeführt. Hauptgrund dafür war eine Risikominimierung, um das kostbare Zuchtmaterial nicht möglicherweise durch zum Beispiel eine eingeschleppte Infektion vollständig zu verlieren. Ein weiterer Grund war die bereits eingangs erwähnte Problematik ausreichenden Futters. Die speziellen Details betreffen die Zucht in Magdala.

- Zucht A: Fundort Prov. Hunan West, Zhangjiajie, Ausgang 17 Eier
- Zucht B: Fundort Provinz Zhejiang, Lianmushan, Ausgang 23 Eier

In Tabelle 3 sind die Charakteristika der Zuchten zusammengestellt.

In Übereinstimmung mit der Zucht in Magdala schlüpften die Falter auch in Erbach und Quedlinburg unverzüglich, die ♂♂ etwas früher als die ♀♀. Trotz Kühlhaltung von Raupen und Puppen (teilweise unter 10 °C über mehrere Wochen!) konnte, bis auf wenige Einzelfälle, keine Diapause (Puppenüberwinterung) erreicht werden; dies stimmt auch mit den Beobachtungen von Nässig (1989) an taiwanesischem Zuchtmaterial überein. Das Schlüpfen der Falter ließ sich dadurch nur verzögern. Eine perfekte Falterentwicklung ist selbst bei Temperaturen von 7–10 °C noch problemlos möglich.

Der Schlupfzeitpunkt der Falter liegt in den Abendstunden, ab 20.00 h, gelegentlich bis Mitternacht. Tagsüber wurde nie ein Schlupf festgestellt.

Tabelle 3: Zuchtdaten von *Actias sinensis* von 2004 in Magdala.

Ereignis	Zucht A	Zucht B
Ausgangsmaterial	17 Eier	23 Eier
Raupen Schlupf e.o.	4. viii. 2004	1.–5. viii. 2004
Eiruhe	7 d	7 d
Schlupfrate	17 = 100%	21 = 91%
Dauer L_1-Stadium	3 d	3 d
Dauer L_2-Stadium	3 d	3 d
Dauer L_3-Stadium	3–4 d	3–4 d
Dauer L_4-Stadium	4–6 d	4–5 d
Dauer L_5-Stadium	5–7 d	5–7 d
Erste Raupe spinnt Kokon	22. viii. 2004	21. viii. 2004
Dauer Larvalstadium	18–23 d	20–22 d
Verluste (total; L_1; L_2; L_3; L_4; L_5)	2; 0; 1; 0; 1; 0	8; 0; 0; 2; 4; 2
Wegen Mangels an Futter abgegebene Raupen	9 Raupen in L_4	6 Raupen in L_4
Damit Anzahl Kokons (♂; ♀)	3; 3	2; 5
Mittleres Brutto-Gewicht (♂; ♀)	1,43 g; 3,00 g	2,00 g; 3,80 g
Falter schlüpfen von–bis	5.–8. ix. 2004	4.–7. ix. 2004
Puppenruhe (ab Spinnbeginn)	13–15 d	13–15 d
Mittlere Puppenruhe (ab Spinnbeginn)	14 d	14 d
Damit mittlere totale Zuchtdauer (Eiablage bis Falter)	42 d	42 d

Selbst bei Nachttemperaturen unter 10 °C sind ♂-Falter von *A. sinensis* sehr aktiv und paarungslustig. Dies wird auch aus dem Freiland berichtet; in China werden selbst im Spätherbst bei kalter Witterung aktiv fliegende Falter von *sinensis* gefunden.

Details zur *dubernardi*-Zucht

In Erbach wurden bis dato ca. 10 Zuchten mit Material von unterschiedlichen chinesischen Fundorten durchgeführt, in Magdala lediglich 2 Zuchten.

Die besten Ergebnisse wurden mit *Larix europaea* erzielt, aber auch mit *Picea abies* gelang die Aufzucht im Winter sehr gut. Mit *Pinus sylvestris* gelang die Aufzucht in Erbach nicht. Als günstig für die Zucht hat sich eine eher kühle (< 20 °C) Zuchttemperatur bei hoher Luftfeuchtigkeit herausgestellt. Die Zuchtdauer (Larvalstadium) belief sich auf ca. 6 Wochen, sie ist damit um gut 2 Wochen länger als in der Zucht von *A. sinensis*.

Die ♀♀, die die Eier für die Zuchtstämme lieferten, wurden von Mitte April bis Mitte September in China gefangen, was auf 3 Generationen schließen läßt. Die Puppen unserer Herbstzuchten haben in der Regel überwintert und dabei Frosttemperaturen bis zu –5 °C im Winter ohne Probleme überstanden.

In Tabelle 4 sind die Ergebnisse der Zuchtversuche im Folgejahr in Magdala dargestellt. Hier lag die Zuchttemperatur wie bei *sinensis* bei 20–25 °C. Das Ergebnis des einzigen erzielten Falters deckt sich jedoch mit der Aussage, die im Mittel für die umfangreichen Zuchten in Erbach gefunden wurde.

Die Falter von *dubernardi* schlüpfen, sofern es sich nicht um Latenzpuppen handelt, ebenfalls unverzüglich. Ein verzögerter Schlupf der ♀♀ ist hier nicht zu beobachten. Werden Subitanpuppen hingegen bei 7–10 °C gehalten, entwickeln sich zwar die Falter in der Puppe, kommen aber nicht zum Schlüpfen und sterben ab.

Tabelle 4: Zuchtdaten von *Actias dubernardi* (Ergebnisse aus dem Folgejahr 2005 in Magdala).

Ereignis	Zucht A	Zucht B
Ausgangsmaterial	13 Eier	6 Eier
Raupen Schlupf e.o.	13. VIII. 2005	14. VII. 2005
Eiruhe	ca. 7 d	ca. 7 d
Schlupfrate	3 = 23%(!)	3 = 50%
Dauer L_1-Stadium	4 d	5 d
Dauer L_2-Stadium	6 d	6 d
Dauer L_3-Stadium	6 d	–
Dauer L_4-Stadium	6 d	–
Dauer L_5-Stadium	12 d	–
Erste Raupe spinnt Kokon; zweite Raupe stirbt erwachsen	17. IX. 2005; 24. IX. 2005	–
Dauer Larvalstadium	34–41 d	–
Verluste (**total**; L_1; L_2; L_3; L_4; L_5)	**2**; 1; 0; 0; 0; 1	**3**; 0; 0; 3; 0; 0
Anzahl Kokons (♂; ♀)	0; 1	–
Brutto-Gewicht ♀	4,2 g	–
Falter schlüpft	9. X. 2005	–
Puppenruhe (ab Spinnbeginn)	22 d	–
Damit mittlere totale Zuchtdauer (Eiablage bis Falter)	59 d	–

Actias dubernardi ist bei Temperaturen unter 12 °C mehr oder weniger passiv. Aus China wurden auch keine Funde im Spätherbst bei kalter Witterung gemeldet.

Für weitere Details zur Zucht und zur Morphologie der Raupen von *A. dubernardi* siehe auch Naumann (2006, im selben Heft).

Details zur Zucht des Hybriden *sinensis* × *dubernardi* (Arbeitstitel „sindu")

Die Ergebnisse der *sinensis*-Zucht ließen die Schlußfolgerung zu, daß der Stamm von Zucht A der gesündere sei. Das Ziel war also, möglichst auch ein solches Tier für die Hybridisation mit *dubernardi* auszuwählen. Aus dem Vorangegangen ist ersichtlich, daß die Schlupfzeiten der beiden Arten um rund 14 Tage auseinanderlagen. Tatsächlich war, als das erste *dubernardi*-♀ schlüpfte, nur noch ein einziges *sinensis*-♂ ausreichender Vitalität vorhanden.

Der Paarungsversuch zwischen beiden Tieren wurde in einer kühlen Nacht (10–8 °C, vom 10. IX. zum 11. IX. 2004) angesetzt. Die kühle Nacht hat den Versuch begünstigt, denn das *dubernardi*-♀ verhielt sich völlig passiv (es ist bei Kreuzungsversuchen oft ein Problem, daß die ♀♀ artfremde ♂♂ abschütteln und „nervös" werden). Die Paarung fand nach Mitternacht statt und dauerte bis in die Abenddämmerung des folgenden Tages, genau wie bei *dubernardi*. Dies ist insofern bemerkenswert, als die *sinensis*-Paarungen nur wenige Stunden dauern, dabei wegen der späten Nachtstunde oft gar nicht beobachtet werden, und manchmal das ♀ noch vor dem Morgen die ersten Eier ablegt. Die Paarung erfolgte spontan und natürlich, ohne „Hilfestellung" durch den Züchter. Es wurde auch kein „Lockweibchen" benutzt, das *sinensis*-♂ sprach also direkt auf die natürliche Pheromonmischung des *dubernardi*-♀ an.

Die Eiablage begann in der auf die Paarung folgenden Nacht, also vom 11. IX. zum 12. IX., und endete in der Nacht vom 15. IX. zum 16. IX. 2004. Es wurde der gesamte Eiervorrat von ca. 160 Eiern abgelegt. Das Eiablageverhalten unterschied sich nicht von dem eines artgerecht gepaarten ♀, was bei Hybridpaarungen so nicht immer der Fall ist.

Eine Kardinalfrage bei Hybridzuchten ist, an welcher Futterpflanze die Raupen gedeihen werden. Da die Muttertiere nicht „wissen", daß sie Hybrideier ablegen, erfolgt die Eiablage natürlicherweise immer an der Standardfutterpflanze der Mutterart. Aus Erfahrungen mit Schwärmerhybriden wissen wir jedoch, daß diese mütterliche Auswahl nicht generell als Futter für die schlüpfenden Raupen tauglich ist. So leben die Nachkommen von *Hyles tithymali* ♂ × *H. hippophaes* ♀ nur an Wolfsmilch,

nicht an Sanddorn, der mütterlichen Futterpflanze. Letzterer wird zwar benagt, aber die Raupen gedeihen nicht und sterben; eine weitere natürliche Schranke gegen das Entstehen von Freilandhybriden. Es gibt weitere solche Beispiele. Die verallgemeinernde Lehrmeinung besagte deswegen früher (siehe Denso 1912: 261), daß die Hybridraupen eher das Futter der väterlichen Art akzeptieren, was in dieser Plattheit sicherlich genausowenig richtig ist. Im Endeffekt muß man die geeignete Futterpflanzenwahl wohl bei jeder Hybridpaarung neu durch Auswahlversuche austesten.

Im vorliegenden Fall wurde zunächst also sowohl *Larix* als auch *Liquidambar* gereicht. Beide Futterpflanzen wurden angenommen, aber es zeigte sich sehr schnell, daß eine erfolgreiche Zucht, wenn überhaupt, nur mit *Liquidambar* Aussicht auf Erfolg hätte. Der in Tabelle 5 dargestellte Zuchtverlauf bezieht sich also auf Tiere, die von Anfang an mit *Liquidambar* ernährt wurden. Dargestellt ist wieder der Zuchtverlauf in Magdala.

Auf Grund der bereits mehrfach erwähnten Futterproblematik wurden alle 8 Raupen (wie auch die in Erbach) ab L_5 einzeln gehalten, täglich mit frischem Futter versorgt und ihr Schicksal individuell verfolgt. Die Numerierung der Raupen erfolgte willkürlich und diente nur der individuellen Kennzeichnung. Hauptgrund war, wegen der späten Jahreszeit abzuschätzen, wieviel Futter noch bis zum möglichst erfolgreichen Abschluß der Zucht gebraucht werden würde. In der Grafik 1 ist als Beispiel der Gewichtsverlauf von Raupe #3 in den letzten 6 Fraßtagen gezeigt im Vergleich mit dem täglich sowie summarischen abgegebenen Kotgewicht. Das Resultat ist ernüchternd: Das gereichte Futter ist im wesentlichen ein „Durchgangsposten“, die Gewichtszunahme beträgt im L_5-Stadium nur wenige Prozent der gereichten Futtermenge und ist in den letzten drei Tagen sogar negativ. Um zu zeigen, daß es sich dabei nicht um einen Sonderfall handelt, ist der Gewichtsverlauf bei allen acht Raupen über einen Zeitraum von etwa 8 Tagen in Grafik 2 gezeigt.

Tabelle 5: Zuchtdaten des Hybriden *Actias sinensis* × *A. dubernardi* (= Hybrid „sindu“) von 2004.

Ereignis	**Datum** [2004]	**Zucht „sindu“**
Schlupf der Raupen e.o. ab	26. IX.(?)	
Eiruhe		ca. 7d
Ausgangsmaterial Magdala	30. IX.	2× L_1; 8× L_2
Dauer L_1-Stadium (in Erbach)		4 d
Verluste 1	4. X.	2 RR in L_1
in L_2	30. IX.–5. X.	5 d
in L_3	4.–12. X.	4–7 d
in L_4	9.–20. X.	5–8 d
in L_5 (bis Spinnbeginn)	14. X.–3. XI.	6–13 d
Erste Raupe spinnt	20. X.	
Letzte (8.) Raupe spinnt	3. XI.	
Dauer Larvalstadium		24–38 d
Verluste 2	6. XI.	1 R tot im Kokon (L_5)
Damit Anzahl Kokons (♂; ♀)	6. XI.	2; 5
Mittleres Bruttogewicht (♂; ♀)	6. XI.	3,00 g; 4,54 g
Falter schlüpfen von–bis	9. XI.–20. XII.	
Puppenruhe (ab Spinnbeginn)		20–50 d
Mittlere Puppenruhe (ab Spinnbeginn)		30 d
Damit totale Zuchtdauer (Eiablage bis Falter)		51–92 d

Das „Schicksal“ aller 8 Raupen aus der Zucht in Magdala ist in Tabelle 6 summarisch zusammengestellt. Bei der umfangreicheren Zucht in Erbach ist in Übereinstimmung mit den Ergebnissen in Magdala und Quedlinburg das sehr verzögerte Schlüpfen der ♀♀ auffallend. Alle Hybridpuppen (ca. 25 ♂♂, 20 ♀♀) wurden dort bei gleichen Bedingungen im Zimmer bei 17–19 °C gehalten.

Die ♂♂ schlüpften alle im Zeitraum vom 4. XI. bis 24. XI. 2004, wobei das Maximum um den 10. XI. lag. Alle Falter waren perfekt entwickelt.

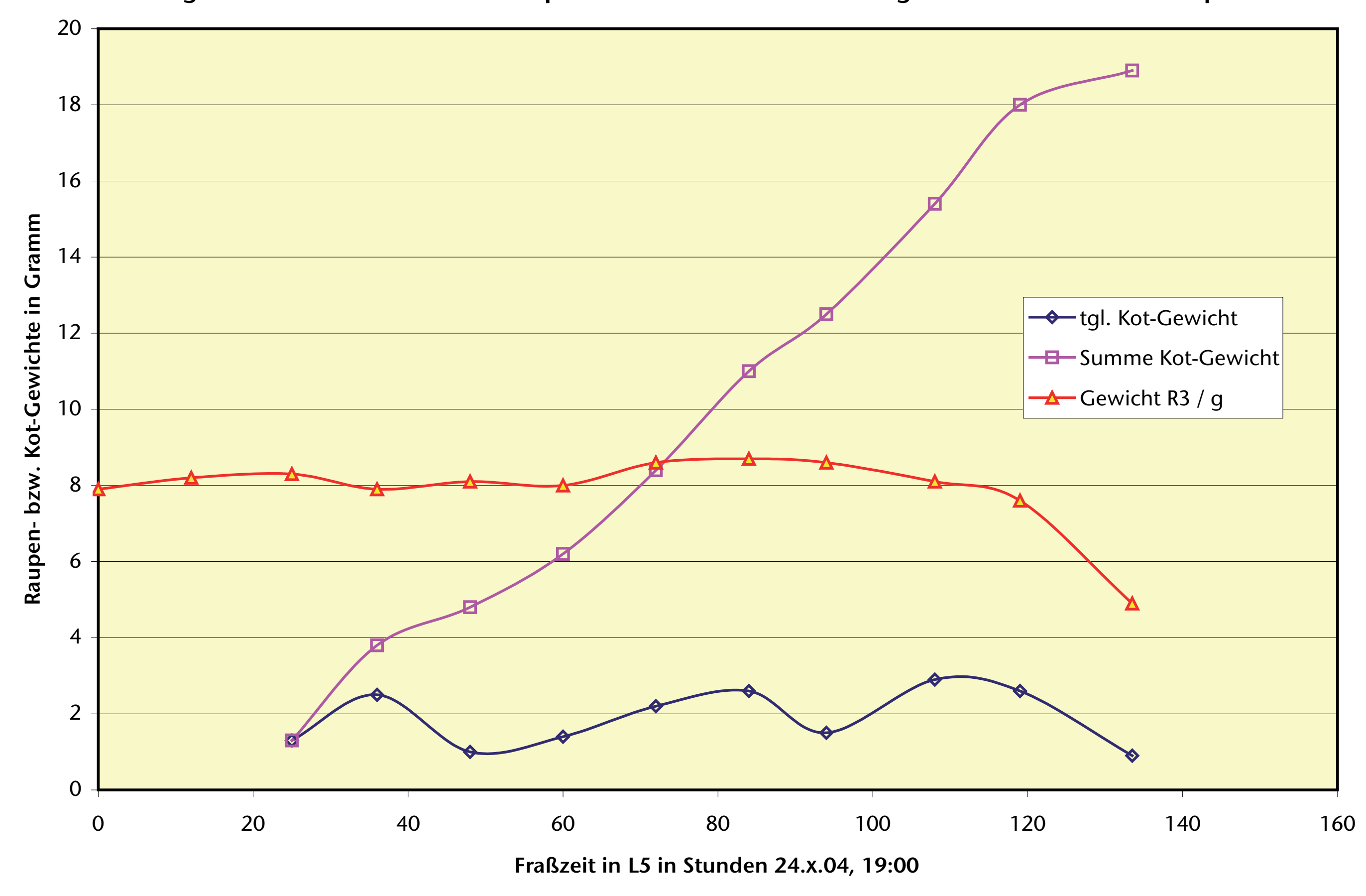
Das erste ♀ schlüpfte erst am 1. XII., also 4 Wochen nach dem ersten ♂ und eine Woche nach dem letzten ♂. Das Schlüpfen der ♀♀ reichte bis in den Januar 2005 hinein. Auch die ♀-Puppen kamen alle zur Entwicklung und ergaben die Falter. Allerdings hatten fast alle Individuen große Probleme bei der Entfaltung der Flügel. Von ganz wenigen tadellos entwickelten Faltern gab es bis zur totalen Verkrüppelung (keinerlei Flügelentwicklung) alle Übergänge.

Alle ♀♀ des Hybriden waren zweifellos steril; die Hinterleiber enthielten keinerlei entwickelte Eier, nur mehr oder weniger unstrukturierte, fast flüssige Füllung. Die Fertilität der ♂♂ wurde nicht in Folgepaarungen getestet.

Beschreibung der Hybriden

Die einzelnen Entwicklungsstadien werden mit denen der beiden Elternarten verglichen. Da von den Präimaginalstadien von *A. dubernardi* bisher nur die Altraupe ohne Beschreibung beiläufig bei Ylla et al. (2005: Abb. 5) und von Haxaire (2005) abgebildet wurde und die Jugendstadien von *A. sinensis* bisher auch nur unvollständig in der Literatur beschrieben und abgebildet sind, werden die frühen Stadien der beiden Elternarten hier ebenfalls abgebildet und kurz beschrieben.

Das Manuskript von Naumann (2006, im selben Heft) mit der ausführlichen Zuchtbeschreibung von *A. dubernardi* wurde uns erst zugänglich, als wir die folgende vergleichende Beschreibung weitgehend fertiggestellt hatten (die gemeinsame Arbeit mit Beiträgen aller Autoren am vorliegenden Manuskript fing Ende August 2005 an; das *dubernardi*-Manuskript von Naumann wurde erst Ende März 2006 zugesandt); deswegen ist eine gewisse Redundanz zu dieser Arbeit trotz einiger nachträglicher Änderungen und Streichungen nicht zu vermeiden gewesen. Auch einige Vergleiche zu *A. chapae* (siehe Wu & Naumann 2006, im selben Heft) wurden nachträglich noch eingearbeitet.



Grafik 1: Vergleich Gewichtszunahme zu Kotabgabe für Raupe #3 des Hybriden *Actias sinensis* × *A. dubernardi*. — Grafik R. Plontke.

Raupengewichte von *sinensis* × *dubernardi*

Raupengewicht in Gramm

Gew-R1 / g
Gew-R2 / g
Gew-R3 / g
Gew-R4 / g
Gew-R5 / g
Gew-R6 / g
Gew-R7 / g
Gew-R8 / g

Fraßzeit in L5 in Stunden ab 24.x.04, 19:00 Uhr

Grafik 2: Gewichtsverlauf der Raupen des Hybriden *Actias sinensis* × *A. dubernardi*. — Grafik R. Plontke.

Tabelle 6: Zusammengefaßte Darstellung des Zuchtresultates (Kokongewichte und Schlupf) des Hybriden *Actias sinensis* × *A. dubernardi* („sindu“) in Magdala.

Einspinn-reihenfolge	Spinn-datum	Raupen-#	Kokonfrisch-gewicht [g]	Kokongewicht 1. XI. 2004 [g]	Kokongewicht 6. XI. 2004 [g]	Zustand 6. XI. 2004	Schlupf Falter	Geschlecht
1	20. X. 2004	R8		3,0	3,0	P	9. XI. 2004	♂
2	25. X. 2004	R4	3,3	3,0	3,0	P	18. XI. 2004	♂
3	29. X. 2004	R1	3,2	immer noch Raupe	–	Raupe abgestorben		
4	30. X. 2004	R3	4,9	4,4	4,2	P	25. XI. 2004	♀
5	30. X. 2004	R7	4,6	4,6	4,2	P	27. XI. 2004	♀
6	31. X. 2004	R6	4,7	4,9	4,5	P	20. XII. 2004	♀
7	1. XI. 2004	R5			4,5	P	30. XI. 2004	♀
8	3. XI. 2004	R2			5,3	noch Raupe	4. XII. 2004	♀

Präimaginalstadien

Generelle Angaben zu den Raupen. Die Raupen der beiden Elternarten und des Hybrids entsprechen natürlich generell dem typischen, ziemlich einheitlichen Habitus der anderen Arten der *Actias*-Gruppe: Es gibt die üblichen 3 Längsreihen von Scoli auf jeder Körperseite: eine Reihe subspirakulär, eine Reihe supraspirakulär (oder lateral-subdorsal), eine Reihe dorsal, jeweils mit einem Scolus pro Segment (ungefähr in Segmentmitte) und Seite; dazu kommen noch gelegentlich weniger deutlich ausgebildete Scoluswarzen unterhalb der subspirakulären Reihe an den Segmenten, die keine Beine tragen, selten auch am Thorax. Die Scoli tragen meist zentral einzelne lange Haare und umgebend mehrere kurze, harte Stechborsten (Typ „mechanische Stechborsten“ ohne Sekretabgabe, siehe Nässig 1989: Typ 1, **Stechborstenscolus;** = Typ „Scolus pungentisetosus“ nach Deml & Dettner 1997 oder „point-bristly scolus“ nach Deml & Dettner 2002), nur in seltenen Fällen (etwa *A. isabellae* (Graëlls, 1849); siehe auch das letzte Textkapitel vor der Danksagung) reduzierte, weiche Haare anstelle von Borsten. Durchlaufende Zeichnungselemente in Längsrichtung sind nur bekannt von der *selene*-Artengruppe sowie von *A. isabellae* (siehe im Abschnitt „Anpassungen im Raupenhabitus an Pinaceen“ unten); auch durchlaufende Zeichnungselemente in Querrichtung kommen selten vor, siehe unten. Die Scoli der beiden dorsalen Scolusreihen auf A8 sind immer zu einem einzigen, zentralen verschmolzen, ohne daß die Scolusspitze noch eine Zweiteilung aufweist. Die dorsalen Scoli auf T2 und T3 sowie der zentrale Scolus auf A8 sind fast immer vergrößert (beziehungsweise sitzen auf einer deutlich verlängerten Ausstülpung des Körpers) gegenüber den anderen Dorsalscoli. Nur die Entwicklung der Sekundärbehaarung außerhalb der Scoli ist artweise sehr unterschiedlich, von einzelnen wenigen kurzen Haaren bis hin zu relativ dichter und langer Behaarung. Die Grundfarbe der Altraupen ist fast immer dominant ein Grün; von den Jungraupen haben viele in L_1 und L_2 eine typische „*Actias*-Zeichnung“ in Schwarz auf orangerotem Grund; es gibt aber vereinzelt auch grüne oder gelblichgrüne L_1- und L_2-Raupen und auch ganz vereinzelt mehr oder weniger schwarzgraue.

Ei. Das Ei entspricht natürlich trivialerweise vollständig dem Ei der Mutterart *A. dubernardi* (Abb. 11). Die Eier von *A. dubernardi* (Abb. 11) sind größer als die von *A. sinensis* (Abb. 10); farblich sind sie einheitlicher, opak beige mit rötlichbraunem Klebesekret, ohne Zeichnung. Die Schale der Eier von *A. sinensis* zeigt hingegen unter dem Klebesekret andeutungsweise die linienförmig mäandrierenden helleren (opaken) und dunkleren (leicht transparenten) Färbungselemente, die auch bei vielen anderen *Actias*-Arten und genauso bei einigen anderen Saturniidengattungen zu finden sind.

L_1 (Abb. 4). Die Jungraupe des Hybriden ist auf den ersten Blick eine „typische“ *Actias*-Eiraupe (vergleiche etwa die Beschreibung von *A. selene* s. l. aus Taiwan durch Heppner et al. 1988) mit schwarzer Zeichnung auf orangerotem Grund, die schwarze Zeichnung dorsal insbesondere auf den Segmenten T1, A1–A4, A7, andeutungsweise auch auf A6 ausgebildet; auf dem Abdomen finden sich noch weitere schwärzliche Zeichnungselemente (neben den Borsten, die teils weiß, teils schwarz sind, sind dies hauptsächlich Längslinien, die in Striche aufgelöst sind, subdorsal, mediodorsal und meist auch lateral). Der Kopf ist schwarzglänzend, der Analbereich einfarbig rötlich ohne schwarze Zeichnung. Die Variabilität wurde nicht erfaßt.

Zum Vergleich: Die L_1 von *A. sinensis* (Abb. 23) ist der des Hybriden sehr ähnlich; die von *A. dubernardi* (Abb. 22) hingegen ist einheitlicher, weniger gemustert gefärbt; ihr fehlen weitgehend die schwarzen dorsalen Zeichnungselemente auf T1, A1–A4 und A7, dafür ist die Körpergrundfarbe insgesamt ein eher dunkles Rot mit schwärzlich-bräunlichem Ton, nicht heller und orangerot wie bei *A. sinensis* und dem Hybrid. Die Abbildungen bei Naumann (2006) demonstrieren jedoch, daß auch die *dubernardi*-Jungraupe unter Umständen fast die „normale“ *Actias*-Zeichnung zeigen kann (individuelle oder geografische Variabilität?).

L_2 (Abb. 5): Auch die L_2 des Hybriden ist der Vaterart sehr ähnlich: einheitlich hell orangerot in der Grundfarbe mit schwarzer Zeichnung, insbesondere schwarzer, glänzender Kopfkapsel, Nachschieber- und Afterklappenflecken, einer nicht durchlaufenden dorsalen Rückenlinie

und mit unterbrochenen Linien ober- und unterhalb der subspirakulären Scoli. Die borstentragenden Spitzen der Scoli sind schwärzlich.

Zum Vergleich: Auch die L_2 von *A. sinensis* (Abb. 14) ist der des Hybriden sehr ähnlich. Die L_2 von *A. dubernardi* hingegen (Abb. 18) unterscheidet sich von den beiden anderen in folgenden Punkten: die Kopfkapsel ist rot, die Nachschieberflecken fehlen, der schwarze Afterklappenfleck ist kleiner und weniger deutlich. Anstelle von schwarzen, unterbrochenen Längslinien besteht die schwarze Zeichnung eher aus Querringen, und zwar genau über die Scoli verlaufend; die Scoli selbst sind jedoch hell orangerot gefärbt, deutlich heller als bei *sinensis* und dem Hybriden. Bei *A. dubernardi* ist dorsal zwischen T2 und T3 bereits eine Andeutung des späteren dorsalen Schreckflecks zu erkennen.

In und nach der 2. Häutung wechseln die Raupen aller beteiligten Zuchten die Grundfarbe von Orangerötlich nach Gelblichgrün bis Grün.

L_3 (Abb. 6): In diesem Stadium ist die Raupe des Hybriden der von *A. sinensis* in der Zeichnung sehr ähnlich, wobei die Raupen der hier abgebildeten Vergleichszucht von *sinensis* (Abb. 15–17) in der Grundfarbe insgesamt auffällig gelb gefärbt waren; normalerweise sind die Raupen von *A. sinensis* etwa genauso grün bis gelblichgrün gefärbt wie die der dargestellten Hybridenzucht, die Variabilität der Grundfarbe zwischen Gelb und Grün ist aber bei *A. sinensis* auffällig groß. Ob das dominierend ein geografischer Effekt der gezüchteten Population oder eher individuelle, genetisch fixierte Variation ist, ist im Nachhinein nicht zu festzustellen. Die Grundfarbe der Hybridenraupe ist (direkt nach der Häutung) gelblich mit Orangestich, was aber dann schnell (auch schon vor der Nahrungsaufnahme, aber besonders danach) in Grün übergeht; die thorakalen Scoli sind gelb, die abdominalen orange (mit gewisser individueller Variabilität); die Borsten sind einheitlich schwarz. Kopf, Afterklappenfleck und Nachschieberflecke sind ein dunkles Braun (der Kopf glänzend), am Abdomen gelblich eingefaßt. Bauchbeine rötlich bis braun. Die Stigmen sind noch klein und unauffällig, dunkelbraun.

Die Scoli von *A. sinensis* sind (bei gewisser individueller Variabilität) alle orange, wobei die thorakalen dorsalen einen schwarzen Ring an der Sternwarzenbasis tragen. Alle braunen Farben sind etwas dunkler und kräftiger als beim Hybriden. Die hier vorgestellten *sinensis*-Raupen ab L_3 (Abb. 15) sind in der Grundfarbe wie erwähnt stärker gelbstichig als bei der Art sonst üblich.

Die Raupe von *A. dubernardi* (Abb. 19) weicht jetzt stark ab und sieht schon fast wie die Altraupe aus: Grundfarbe grün, Haare weiß, nur die Borsten schwarz, Körper überall mit weißen Haarbasen besetzt, 2 weiße Querringe pro Segment: am Segmenthinterrand und über die Scoli hinweglaufend, wobei die Scolibasen bereits deutlich die Silberflecken im Verlauf dieser Ringe zeigen. Kopf und Gliederfüße hellbraun, Bauchbeine grünlich mit dunkelbraunen Schildchen; After- und Nachschieberflecken deutlich weniger auffällig. Die Scoli sind insgesamt (und besonders die dorsalen am Thorax) deutlich länger als bei den beiden anderen Zuchten.

L_4 (Abb. 7): Auch in diesem Stadium erinnert die Raupe des Hybriden stark an *A. sinensis* (Abb. 16). Thorakale Scoli auf T2 und T3 groß, auffällig, gelb mit schwarzem Ring, andeutungsweise ein schwarzer Schreckring zwischen T2 und T3; abdominale Scoli kleiner, orange, mit gelbem Ring und andeutungsweise weißen Flecken, die außen am Scolus herablaufen (= Luft nahe unter der Kutikula, vermutlich je eine nicht ganz bis zur Kutikula vorgeschobene Tracheenblase, vergleiche mit *A. dubernardi*); Stigmen hellbraun mit bläulichem Innenhof. Borsten und Haare auf den Scoli alle schwarz; vereinzelte lange weiße Haare auf dem Körper spärlich verteilt. Kopf zweifarbig hellbraun und dunkelbraun, eher matt; Beine dunkelbraun. Nachschieber- und Analflecken deutlich, dunkelbraun.

Bei *A. sinensis* (Abb. 16) fällt wieder der starke Gelbstich der Grundfarbe auf. Sonst Scoli alle orange; auf T2 und T3 die dorsalen mit schwarzem Basalring. Übrige Merkmale weitgehend wie beim Hybriden, bis auf: kein angedeuteter Schreckring dorsal zwischen T2 und T3; weiße Haare sehr kurz; keine Tracheenblasen an den Scoli außen herablaufend, dafür einige der Sternwarzen auf den Scoli (insbesondere in der substigmalen Reihe) stark glänzend (auch durch unterliegende Luftblasen? Unklar!).

Die Raupe von *A. dubernardi* (Abb. 20) ist völlig anders, eine weiterentwickelte, stärker ausgeprägte Form der L_3. Der dorsale Schreckfleck jetzt zweifarbig schwarz und rot; Analklappen- und Nachschieberzeichnung wie der Kopf hellbraun.

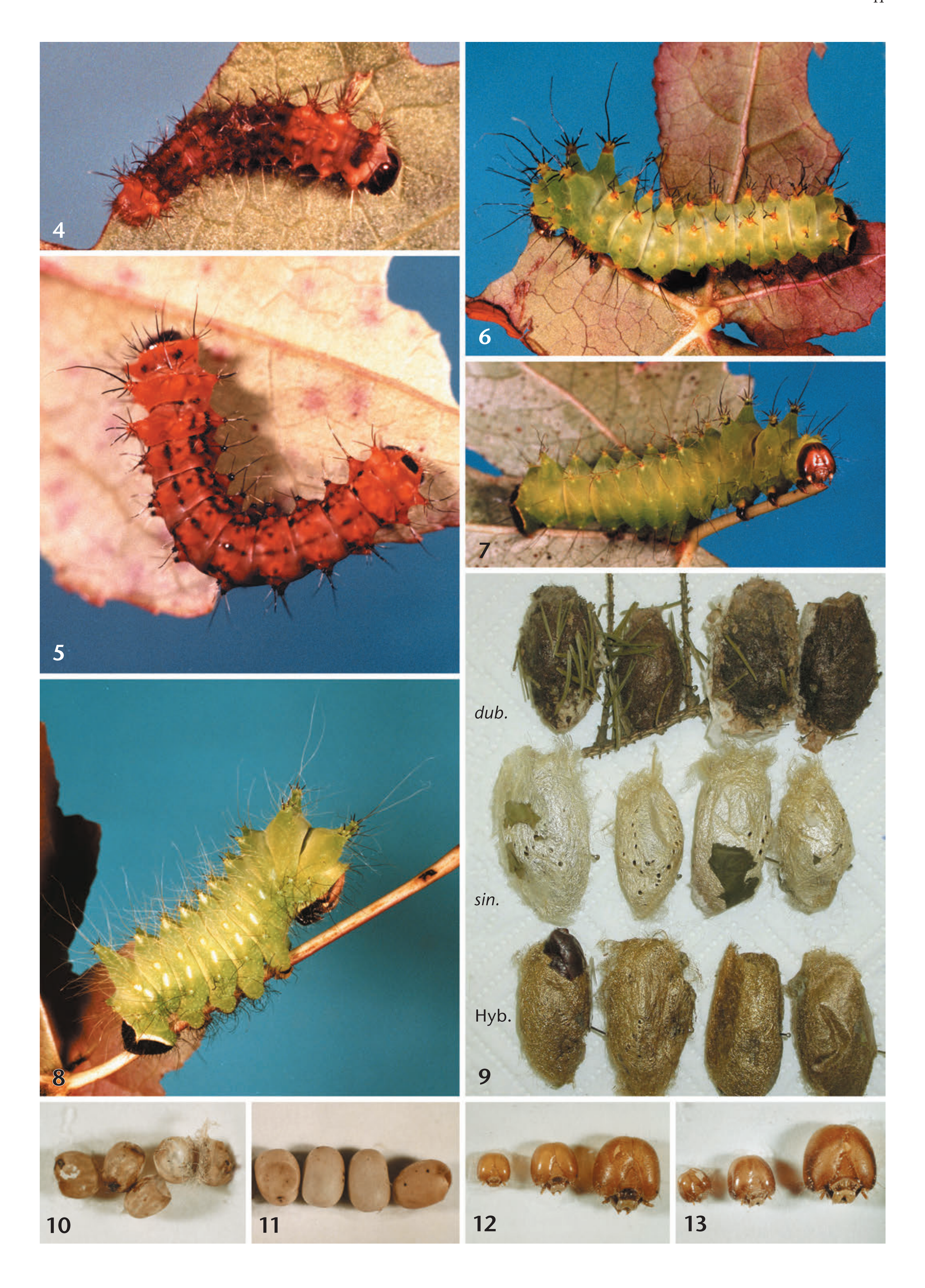
L_5 (Abb. 8): Das letzte Larvenstadium des Hybriden ist überraschenderweise doch relativ intermediär und unterscheidet sich unerwartet deutlich von *A. sinensis:* lange Scoli, besonders dorsal; Grundfarbe einheitlich grün, aber weiße Haare (auch viele lange Sekundärhaare am Körper mit weißen Haarbasen; nur die Stechborsten und ventralel Haare sind schwarz), grüne oder weiße Scoli, andeutungsweise sogar die trachealen Luftkammern unter den dorsalen und subdorsalen Borsten; die Stigmen sogar wie bei *A. dubernardi* ganz hellweiß. Die Kopfkapsel ist in diesem Stadium bei allen drei Raupenpopulationen (Elternarten und Hybrid) relativ ähnlich, matt hell- bis dunkelbraun mit einer gewissen „Gesichtszeichnung“. Die Nachschieber- und Analklappenzeichnung ist beim Hybriden und bei *A. sinensis* ähnlich, fast schwarz mit heller Umrandung; bei *A. dubernardi* ist sie hellbraun.

A. sinensis (Abb. 17) ist wohl die bunteste der drei Raupen: die dorsalen Scoli alle rot bis orange, die auf T2 und T3 mit angedeutetem schwarzem Ring; die subdorsalen rot bis blau gemischt, mit etwas Glanz (eventuell andeutungsweise untergelegte Tracheenblasen?), die substigmalen hellblau, diese beiden Reihen jeweils schwarz



Farbtafel 1: Hybridenzucht „sindu“. **Abb. 1:** obere Reihe ♂♂, untere Reihe ♀♀, linke drei Falter Flügeloberseite, rechte drei Falter Flügelunterseite, dabei jeweils von links nach rechts *Actias dubernardi* — Hybrid *Actias sinensis* × *dubernardi* — *Actias sinensis* (alle Falter etwa ½ natürliche Größe linear). **Abb. 2:** Lebendes ♂ des Hybriden *Actias sinensis* × *dubernardi*. **Abb. 3:** Lebendes ♀ des Hybriden *Actias sinensis* × *dubernardi*. — Fotos: Abb. 1 F. Renner, Abb. 2 & 3 R. Plontke; Tafelmontage F. Renner.

Farbtafel 2: Präimaginalstadien des *Actias*-Hybriden „sindu“. **Abb. 4–8:** Larvalstadien von *Actias sinensis* × *dubernardi*, in ebendieser Folge von L_1 bis L_5. **Abb. 9:** Kokons, dabei obere Reihe *A. dubernardi*, mittlere Reihe *A. sinensis*, untere Reihe Hybrid *sinensis* × *dubernardi*. **Abb. 10:** Eier von *A. sinensis*. **Abb. 11:** Eier von *A. dubernardi* (identisch mit Hybrid *sinensis* × *dubernardi*). **Abb. 12:** Bei der Häutung abgeworfene Kopfkapseln von *A. dubernardi,* von links nach rechts zugehörig zum Raupenstadium L_2–L_3–L_4. **Abb. 13:** Desgleichen vom Hybrid *sinensis* × *dubernardi*, von links nach rechts wieder L_2–L_3–L_4. — Fotos: Abb. 4–8 & 10–13 R. Plontke, Abb. 9 (Kokons) Reinhold Höge, Leutkirch; Tafelmontage F. Renner.



4
5
6
7
8
dub.
sin.
Hyb.
9
10
11
12
13

Tabelle 7: Größenmeßwerte (Flügel- und Antennenmaße sowie Relationen) der beiden Elternarten und des Hybrids. — Abkürzungen siehe Beschreibung der Meßverfahren im Text und in Schema 1. Gemessene Daten: Durchschnittswerte ± Standardabweichung; *n* = Grundgesamtheit (Material aus den Sammlungen der Autoren). — [1] = Meßwerte der **Antennen** basieren nur auf Material in coll. CWAN/SMFL und wurden mit Hilfe von Okular- und Objektmikrometer an der rechten Antenne der Individuen, bei deren Beschädigung an der linken Antenne gemessen; die angegebenen *n*-Werte sind deswegen abweichend von den übrigen Messungen. [2] = Um eine etwas breitere Datenbasis zu erhalten, wurden beim Hybrid (von dem in SMFL nur 2 ♂♂, 2 ♀♀ vorliegen) sowie bei den ♀♀ von *A. dubernardi* (nur 2 ausmeßbare ♀♀ mit teilweise unbeschädigten Antennen in SMFL) jeweils rechte und linke Antenne gemessen; der angegebene *n*-Wert stellt hier also die Anzahl der gemessenen Antennen dar (und wenn die Spitze abgebrochen war, konnte der Wert natürlich nicht gemessen werden). [3] = Um eine etwas breitere Datenbasis zu erhalten, wurden beim Hybrid „sindu" sowie bei den ♀♀ von *A. dubernardi* jeweils die beiden längsten dorsalen Rami bei jeweils der rechten und der linken Antenne gemessen; der *n*-Wert ist hier also die Zahl der vermessenen längsten dorsalen Rami, das heißt pro Individuum in der Regel (2–)4 Meßwerte.

Maß	***Actias sinensis*** Daten von > 10 Fundorten/ Zuchten	***Actias sinensis*** Daten der Population des Zuchtvaters	***Actias dubernardi***	**Hybrid** ***♂ sinensis × ♀ dubernardi***
♂♂				
n	94	20	15	20
Vfll.	52,11 ± 2,5 mm	52,90 ± 2,8 mm	51,27 ± 3,2 mm	59,90 ± 2,6 mm
HfllS.	63,79 ± 3,1 mm	63,65 ± 3,9 mm	115,60 ± 6,8 mm	84,55 ± 2,6 mm
Hfllo.	30,63 ± 1,6 mm	31,15 ± 1,8 mm	26,40 ± 2,4 mm	32,85 ± 1,9 mm
Sl. [= HfllS.–Hfllo.]	33,16 ± 2,2 mm	32,50 ± 2,3 mm	89,20 ± 5,8 mm	51,70 ± 2,3 mm
HflQ. [= Sl./Hfllo.]	1,08	1,04	3,38	1,57
FlQ. [= Sl./Vfll.]	0,64 ± 0,04	0,61 ± 0,02	1,74 ± 0,08	0,86 ± 0,05
Al.[1]	11,12 ± 0,61 mm ($n = 10$)	–	11,27 ± 0,50 mm ($n = 9$)	11,04 ± 0,70 mm ($n^2 = 3$)
LlR.[1]	2,68 ± 0,16 mm ($n = 10$)	–	2,32 ± 0,12 mm ($n = 10$)	2,62 ± 0,06 mm ($n^3 = 8$)
♀♀				
n	89	9	10	7
Vfll.	57,43 ± 4,0 mm	60,00 ± 2,4 mm	57,40 ± 2,8 mm	63,86 ± 2,3 mm
HfllS.	74,61 ± 5,3 mm	77,00 ± 2,7 mm	113,90 ± 7,9 mm	89,67 ± 6,8 mm
Hfllo.	37,01 ± 2,9 mm	39,33 ± 1,3 mm	32,40 ± 2,7 mm	37,71 ± 2,1 mm
Sl. [= HfllS.–Hfllo.]	37,60 ± 3,0 mm	37,67 ± 2,1 mm	81,50 ± 6,0 mm	52,00 ± 6,8 mm
HflQ. [= Sl./Hfllo.]	1,02	0,96	2,50	1,38
FlQ. [= Sl./Vfll.]	0,655 ± 0,041	0,63 ± 0,03	1,42 ± 0,08	0,82 ± 0,11
Al.[1]	9,99 ± 0,28 mm ($n = 10$)	–	10,01 ± 0,17 mm ($n^2 = 4$)	9,44 ± 0,60 mm ($n^2 = 4$)
LlR.[1]	1,17 ± 0,73 mm ($n = 10$)	–	1,17 ± 0,04 mm ($n^3 = 7$)	1,11 ± 0,08 mm ($n^3 = 8$)

umringt; die Stigmen sind weißlich bis leicht hellblau, dunkel umrandet. Die Farben der Sternwarzen sind individuell und eventuell geografisch etwas variabel. Die Sekundärhaare sind sehr kurz und fallen kaum auf, obwohl sie weißlich bis gelblich sind und sogar relativ dick; die Haare und Borsten auf den Scoli sind fast alle schwarz.

A. dubernardi (Abb. 21; vergleiche auch Naumann 2006, in diesem Heft) ist in der arteigenen Merkmalsausprägung seit der L_3 noch deutlich weiter fortgeschritten. Die Silberflecken (siehe unten) stehen in weißen Querringen; dazu kommen an der jeweiligen Segmenthinterkante noch weiße Ringe im Intersegmentalbereich, so daß das Grün jedes Segments durch zwei helle Querringe im Umriß aufgelöst wird (zusammen mit den relativ vielen, langen weißen Haaren und weißen Haarbasen Tarnung in der Nadelumgebung der Futterpflanze, siehe unten).

Sonstige Beobachtungen zur Raupenmorphologie

Silberflecken: Die Raupe von *A. dubernardi* hat ab dem 3. Stadium, besonders deutlich ausgebildet bei der Altraupe, die subdorsalen und dorsalen Scoli (im Verlauf des mediosegmentalen weißen Querrings) auf der Außenseite mit weit am Körper nach unten gezogenen silbrigen oder perlmuttartigen Glanzflecken, also reflektierenden Tracheenkammern dicht unter der Haut, unterlegt. Dazu kommt noch eine gelbliche, manchmal bei Altraupen sogar noch zusätzlich (Abb. 25) rötliche Umrandung dieser Perlmuttglanzflecken. Dieses Zeichnungselement besteht allgemein höchstwahrscheinlich aus Tracheenkammern direkt unter der Haut an den Scoli (und davon nach unten auslaufend), die durch Totalreflexion des Lichts an der inneren Kutikula-Luft-Grenze silberglänzend sind; im Endeffekt ist dies Teil einer umrißauflösenden mimetischen Färbung. Solche Silberflecken kommen bei Saturniidae in ziemlich konstanter Ausprägung durchaus weit verbreitet in nicht näher miteinander verwandten Gruppen vor (Saturniinae: mehrere Gattungen der Bunaeini; Saturniini: manche *Antheraea,* manche *Copaxa;* Ceratocampinae: mehrere Gattungen, etc.), waren aber bisher für die Gattung *Actias* noch nicht bekannt. Der Hybrid wies diese Zeichnung ab dem dritten Stadium nur andeutungsweise und nur an den dorsalen Scoli auf, ohne je den vollen Silberglanz zu erreichen (die Tracheenblase reicht dabei wohl nicht ganz bis unter die Kutikula). Eine weitere Art von *Actias* s. l., bei der

solche Silberflecken bisher bekannt sind, ist die ebenfalls nadelbaumfressende *A. chapae* (siehe Wu & Naumann 2006, im vorliegenden Heft).

Dorsale Schreckringe im Vorderkörperbereich: Die Raupe des Hybriden zeigt (andeutungsweise schon ab dem 2. Stadium, siehe Abb. 5; ab dem 3. Stadium dann voll entwickelt) im Intersegmentalbereich zwischen T2 und T3 dorsal einen schwarzen Streifen (Abb. 6–8), genauso wie bei der Mutterart *A. dubernardi* (Abb. 19–21, 24), bei der dieser Streifen bei älteren Raupen sogar auffällig schwarz und rot (funktionell wohl ein Schreckring) in weißlicher Einfassung ist (Abb. 25); ein weiterer, schwächer ausgebildeter aposematischer Halbring findet sich auch in der dorsalen Intersegmentalhaut zwischen A1 und A2; bei *A. sinensis* fehlt eine solche Zeichnung völlig. Der Kontraststreifen liegt jeweils eher an der Vorderkante von T3 beziehungsweise A1 als an der Hinterkante des vorausgehenden Segments.

Zwar gibt es bei den Altraupen von *A. groenendaeli* Roepke, 1954 ebenfalls einen solchen dorsalen aposematischen (schwarzen, leicht hell eingerandet) Zwischensegmentstreifen am Vorderkörper; dort liegt er aber nur zwischen A1 und A2 (siehe Bilder in U. & L. H. Paukstadt 1993), und zwar nach U. & L. H. Paukstadt (1993) ausdrücklich am Hinterrand von A1. Wegen der abweichenden Plazierung ist dieser eine Ring von *A. groenendaeli* möglicherweise nicht mit dem einen der beiden Schreckringe von *A. dubernardi* homolog.

Die beiden bei den älteren Raupen von *A. isabellae* vorhandenen, schwarzen, in der L_5 dann gelb eingefaßten dorsalen Schreckringe stehen anders, nicht intersegmental, sondern leicht schräg zwischen (lateral) hinterer Mitte und (dorsal) Hinterende von T1 und von T2. Die Schreckstreifen bei dieser Art sind sicher nicht homolog zu den anderen, sondern eine unabhängige Parallelentwicklung, weil die Streifen unten fast in der Mitte des Segments beginnen (direkt hinter den subspiraculären Scoli) und nach oben leicht schräg zum Segmenthinterrand hin verlaufen; sie entsprechen von ihrer Lage her damit eher (aber auch nicht ganz exakt!) dem weißen Streifen in der Segmentmitte bei *A. dubernardi,* nicht jedoch den mehr intersegmentalen (an der jeweiligen Segmentvorder- beziehungsweise -hintergrenze gelegenen) Schreckstreifen bei *A. dubernardi* oder *A. groenendaeli.*

Das bedeutet, daß in der *Actias*-Gruppe solche Kontrastringe bei der Raupe offenbar mindestens zweimal, eventuell sogar dreimal unabhängig voneinander an verschiedenen Segmenten beziehungsweise an verschiedenen Stellen dieser Segmente im Vorderkörperbereich entstanden sind. — Von anderen Raupen aus der *Actias*-Gruppe sind solche aposematischen Kontraststreifen im dorsalen Vorderkörperbereich bisher nicht bekannt.

Die Präsentation der Schreckringe erfolgt stets nach Störung der Raupe; verbunden damit ist bei einigen Arten (unter anderen beobachtet bei *A. maenas* und *A. dubernardi;* bei den Hybridraupen wurde es nicht gezielt getestet) die Produktion von Knacklauten mit den Mandibeln (Mandibelknacken oder Mandibelknistern); diese Geräuschproduktion wurde aber auch schon bei Raupen von *A. selene* s. l. beobachtet, auch wenn diese keine Schreckringe haben.

Anpassungen im Raupenhabitus an Pinaceen: In der *Actias*-Gruppe sind bisher von 3 Arten (*A. isabellae, A. dubernardi* und *A. chapae,* vergleiche Wu & Naumann 2006) definitiv Pinaceen als Raupenfutterpflanzen im Freiland oder zumindest in der Zucht bekannt; bei einigen weiteren Arten (zum Beispiel *A. neidhoeferi* Ong & Yu, 1968 und weiteren Arten aus dieser Gruppe) gibt es dafür Hinweise oder wird dies zumindest vermutet (S. Naumann, pers. Mitt.). Die Raupen dieser drei erstgenannten Arten, die keineswegs Schwesterarten sind, zeigen dennoch einige Ähnlichkeiten untereinander, abweichend von den anderen bisher bekannten, an Laubbäumen fressenden Raupen der Gattung.

Bisher sind uns natürlicherweise laubbaumblattfressende Altraupen aus der *Actias*-Gruppe habituell bekannt von Teilen der folgenden informellen Artengruppen:

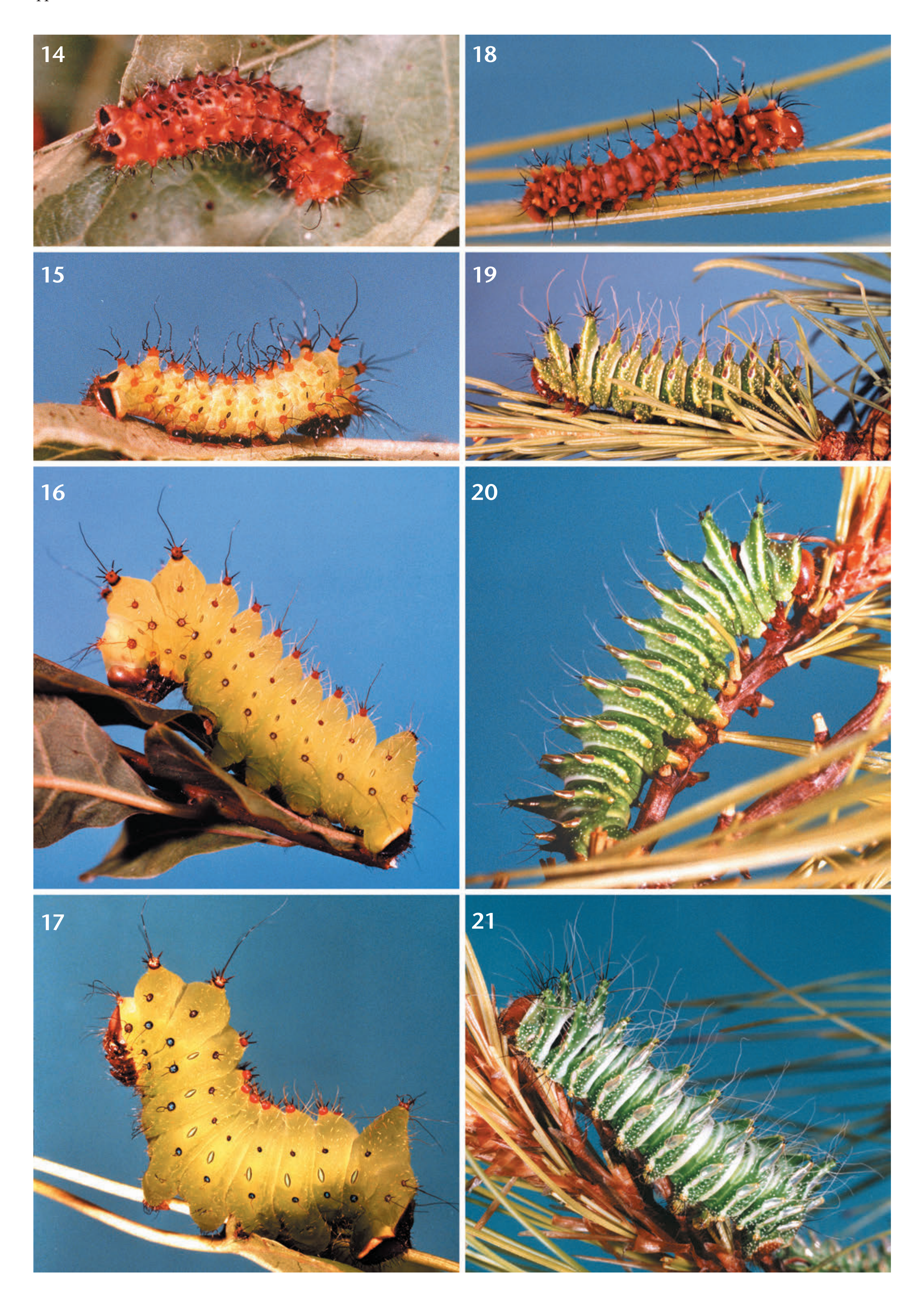
- Artengruppe von *A. selene* [= uns davon bisher bekannte Raupen: *A. selene* sensu lato, *A. callandra, A. artemis, A. gnoma*],
- Artengruppe von *A. luna* [= *A. luna, A. truncatipennis*],
- Artengruppe von *A. sinensis* [= *A. sinensis*],
- Artengruppe von *A. maenas* [= *A. maenas, A. philippinica, A. isis, A. groenendaeli*],
- afrikanische *Argema*-Gruppe [= *A. mimosae, A. mittrei*].

(Quellen: eigene unveröff. Beobachtungen und diverse Abbildungen in der Literatur; hier nicht komplett aufgeführt.)

Laubbaumfressende ausgewachsene Raupen sind stets relativ einheitlich grün (nur in der *selene*-Artengruppe mit einem mehr oder weniger kontrastierenden, meist weiß-roten lateral-subspirakulären Längsstreifen) mit schwacher Gegenschattierung (die Dorsalseite der Raupe ist [als wegen der hängenden Sitzhaltung funktioneller Unterseite] heller als die Ventralseite der Raupe [als funktioneller Oberseite] gefärbt) mit aus der Ferne meist unauffälligen bunten Sternwarzen auf den Scoli sowie häufig dunklen Köpfen, Prothorakalschilden, Beinen, Analplatten und Nachschiebern, aber ohne jegliche andere Körperzeichnung (außer dem schwachen Kontrastring bei *A. groenendaeli*). Innerhalb des homogeneren Laubwerks von mehr oder weniger großblättrigen Laubbäumen ist eine fast homogen grüne, nur leicht gegenschattierte Raupe am besten getarnt.

Die Körpergrundfarbe der Altraupen der drei bisher bekannten Nadelbaumfresser (*A. isabellae, A. dubernardi* und *A. chapae*) ist zwar auch mehr oder weniger grün, jedoch mit einer Menge andersfarbiger Zeichnung:

- Bei *A. isabellae* macht das Grün nur weniger als 50% der Körperoberfläche aus; ein dazu stark kontrastierendes Rotbraun bis Braun (neben der breiten Dorsal-


14
18
15
19
16
20
17
21



Farbtafel 3: Präimaginalstadien der Elternarten des *Actias*-Hybriden „sindu“. **Abb. 14–17:** Larvalstadien von *Actias sinensis,* in ebendieser Folge von L_2 bis L_5. **Abb. 18–21:** Larvalstadien von *Actias dubernardi,* in ebendieser Folge von L_2 bis L_5. — Fotos: R. Plontke; Tafelmontage F. Renner.

Farbtafel 4: Präimaginalstadien und weiblicher Genitalapparat. **Abb. 22:** L_1 *Actias dubernardi*. **Abb. 23:** L_1 *A. sinensis*. **Abb. 24:** L_3 *A. dubernardi* mit aposematischem, schwarzem dorsalen Zwischensegmentfleck zwischen T2 und T3. **Abb. 25:** L_5 *A. dubernardi* mit voll ausgebildeten aposematischen Zwischensegmentflecken zwischen T2 und T3 (von vorne: weiß, schwarz, dunkelrot) und zwischen T3 und A1 (von vorne: weiß, schwarz). — **Abb. 26, 27:** Leere, geschlüpfte Kokons von *Actias dubernardi* (links, dunkel) und *A. sinensis* (rechts, hell) mit den Schlupfreusen (Abb. 27 vergrößert). — **Abb. 28, 29:** Leere, geschlüpfte Puppenhülle des Hybriden „sindu“. **Abb. 28:** Kremasterbereich, am Kokon innen fest in Gespinst eingehakt; **Abb. 29:** Kopf-, Antennen- und Beinscheide mit dem durchsichtigen „weißen Fleck“ zwischen den Augen und an der Antennenbasis. — **Abb. 30, 31:** ♀ Genitalapparat des Hybriden „sindu“, GP-Nr. Nässig/SMFL 1977/06. **Abb. 30** Lateral-, **Abb. 31** Ventralansicht. — Fotos 22–25: Julian Renner, 26–31: J.-P. Kopelke; Tafelmontage W. A. Nässig.

linie und den rotbraunen Lateralflecken und Bändern ist die Ventralseite komplett braun!) mit teilweise weißer Umrandung ist von der Fläche her wohl noch bedeutender; dazu kommen kleinere gelbe und weiße Zeichnungselemente, die schwarzen Schreckflecken sowie dunkel gefärbt der Kopf, die Beine, die Nachschieber etc.

- Bei *A. dubernardi* wird die dominierende (deutlich > 50% der Fläche) grüne Grundfarbe weniger kontrastierend mit weißen und silberfarbenen Elementen (Flecken, Körperringe), dazu noch schwarz-roten Schreckflecken sowie braunen bis roten Kopf, Beinen und Nachschieber, aufgelockert.
- Die Raupe von *A. chapae* zeigt eine gewisse Ähnlichkeit mit der von *A. dubernardi;* sie ist aber einfacher gezeichnet (siehe Wu & Naumann 2006).

Allen drei Raupen gemeinsam ist außerdem, daß die sonst bei den meisten anderen Raupen aus der *Actias*-Gruppe unauffällig gefärbten Haarbasen der sekundären Körperhaare von außerhab der Scoli bei den Koniferenfressern auffällig weiß gefärbt sind.

Diese Färbung und die Zeichnungselemente sind (jeweils auf etwas unterschiedliche Weise, die wahrscheinlich sowohl mit der dominierenden Farbgebung der natürlichen Umgebung am jeweiligen Ruhe- und/oder Freßort als auch der Benadelungsstruktur der Futterpflanze zusammenhängt) in einer Umgebung von schmalen, grünen Nadeln und eher kahlen, braunen bis schwärzlichen Ästen umrißauflösend wirksam, so daß die Raupen in ihrer natürlichen, stärker als im Laubbaum strukturierten Umgebung im Nadelbaum eine relativ gute mimetische Verbergetracht aufweisen dürften.

Kokon (Abb. 9). Der Kokon von *A. dubernardi* ist ein dunkelbrauner, dicht gewobener (= weitgehend ohne runde „Luftlöcher“), fester Erdkokon, der (wohl ähnlich wie bei *A. isabellae*) am Boden in der Nadelstreu und der untersten Krautschicht direkt über der Erde gesponnen werden dürfte; der von *A. sinensis* hingegen ein gelblichweißer Blattkokon (der im Laub am Baum hängt und mit zumindest anfangs lebenden Blättern umkleidet ist) mit relativ vielen runden „Luftlöchern“. Beide Kokons haben eine Reusenöffnung (Abb. 26, 27), die aber nur relativ schwach ausgebildet ist (bei *A. dubernardi* etwas schwächer als bei *A. sinensis;* insgesamt nicht so deutlich wie etwa in der Gattung *Saturnia,* aber auch keine voll papierartigen, reusenlosen Kokons wie etwa in der *selene*-Gruppe).

Der Kokon des Hybriden ist intermediär in der Farbe und in der Ausbildung der „Luftlöcher“ und hat ebenfalls eine leichte Reuse. In der Zucht wurden die Kokons des Hybriden tendenziell eher unten in der Papierauslage der Zuchtgefäße gesponnen, aber die Versuchsbedingungen waren dabei sicher nicht sehr naturnah, so daß diese Beobachtung keine wirkliche Aussage zuläßt.

Puppe (Abb. 28, 29). Die Puppe des Hybriden entspricht im großen und ganzen den Puppen der Elternarten, die Artunterschiede sind relativ gering. Da bei der Analyse der Puppen nur leere, geschlüpfte Kokons mit sofort zerbrechenden Puppenhüllen zur Verfügung standen, die beim Auseinandernehmen der Kokons sogleich zerbröselten, wurde hier auf detaillierte Analysen verzichtet. Die Puppe ist, wie in der ganzen Gattungsgruppe üblich, mit den Kremasterborsten (Abb. 28) im Kokon verankert. Zwischen Antennenbasen und Augen ist die Puppenhülle durchsichtig (Abb. 29), wie dies ebenfalls bei *Actias*-Puppen (und in vielen anderen Gattungen der Saturniinae) allgemein üblich ist.

Imagines und Genitalapparate

Imagines

Die Imagines der beiden Elternarten, *A. sinensis* und *A. dubernardi,* zeigen jeweils einen deutlich ausgebildeten Sexualdimorphismus, mit gelben ♂♂ und hell türkisblauen ♀♀. Deswegen ist derselbe Dimorphismus auch bei den Hybriden deutlich entwickelt. Bei Arten, die keinen so ausgeprägten Sexualdimorphismus haben (etwa *A. luna, A. isabellae* und die *selene*-Gruppe), sind dementsprechend auch die Hybriden weniger sexualdimorph. Interessant sind Paarungen zwischen sexualdimorphen und nicht dimorphen Arten, vergleiche etwa den Hybriden *A. isabellae* × *A. sinensis,* bei dem auch der Sexualdimorphismus intermediär ausgebildet ist (Adès et al. 2005).

Die imaginalen Größenmeßwerte von Hybrid und Elternarten siehe in Tabelle 7.

♂ (Abb. 1 obere Reihe, Abb. 2). Das ♂ des Hybriden wirkt auf den Betrachter zuerst wie eine leicht vergrößerte, „üppige“ Ausgabe von *A. sinensis;* schaut man aber genauer hin, sind die Unterschiede unübersehbar: Die Flügelform ist breit dreieckig wie bei *sinensis* (*A. dubernardi* mit seiner stark reduzierten Flügelfläche beim ♂ ist diesbezüglich aber auch ziemlich einmalig in der *Actias*-Gruppe), aber die Meßwerte erinnern eher an *dubernardi,* wobei die Sl. intermediär ist. Auffällig sind die Zeichnungsmerkmale der OS; die Postmediane ist gewellt wie bei *sinensis,* nicht gerade wie bei *dubernardi.* Könnte der Vfl. noch gerade so als ein leicht aberrativer Vfl. von *sinensis* „durchgehen“, so sind die Merkmale auf dem Hfl. eindeutig intermediär. Die Flügelocellen sind besonders im Hfl. kleiner als bei *sinensis,* wobei die Ocellenzeichnung weniger abwechslungsreich, distal der Diskoidalader fast einfarbig rosa ist. Die US ist deutlich intermediär.

♀ (Abb. 1 untere Reihe, Abb. 3). Das ♀ des Hybriden ist, weil generell zeichnungsärmer, auf den ersten Blick ebenfalls kaum von *sinensis* zu unterscheiden, bei genauerem Hinsehen aber doch eindeutig intermediär, und zwar auf der OS wie der US. Auffällig ist die doppelt angelegte, gewellte Postmedianlinie der OS, die so bei keiner der Elternarten anzutreffen ist.

Genitalapparate

♂ (Abb. 33, 36, 40, 41). Unseres Wissens wurde bisher noch kein Genitalapparat eines Hybriden aus der *Actias*-Gruppe beschrieben und abgebildet; nur S. Naumann hat einen Hybrid-♂ von *A. luna* × *A. isabellae* genitalisiert (GP-Nr. SNB 1053-04) und dabei Beobachtungen gemacht, die mit unseren Ergebnissen vergleichbar sind (pers. Mitt., unveröff.).

Der ♂-Genitalapparat von *A. sinensis* (untersuchte GP-Nrn. Nässig/SMFL 1966/06, 1967/06, 1972/06 und etliche andere; Abb. 32, 35, 38, 39) ist weniger als halb so groß wie der von *A. dubernardi* (GP-Nrn. Nässig/SMFL 1968/06, 1969/06, 1974/06 und etliche andere; Abb. 34, 37, 42, 43) und der des Hybriden (GP-Nrn. Nässig/ SMFL 1970/06, 1976/06; Abb. 33, 36, 40, 41). Dieser Größenunterschied ist extrem und sehr auffällig, wobei bezüglich dieses Merkmals *sinensis* ingesamt wohl etwas isoliert ist. Der Hybrid erinnert an ein stark vergrößertes *sinensis*-GP, das bedeutet, daß viele Merkmale fast unverändert von *sinensis* übernommen wurden, nur eben stark vergrößert; andere Merkmale sind eindeutig intermediär zwischen den beiden Elternarten oder weisen gelegentlich sogar mehr in Richtung *A. dubernardi*.

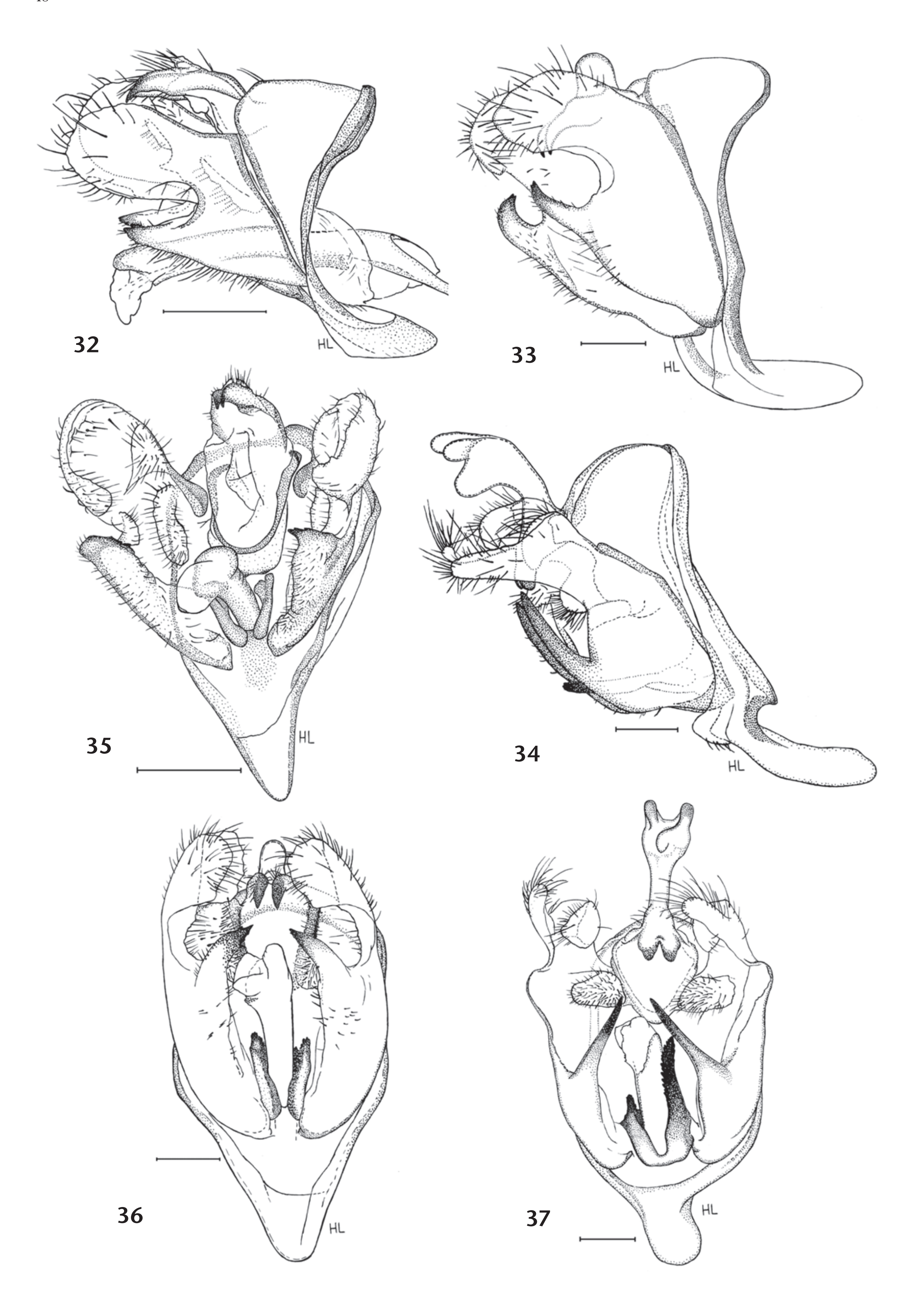
Unkus: Bei *A. dubernardi* (Abb. 34, 37; vergleiche auch Naumann 2006: Fig. 23) ist der Unkus ein dorsal stark verlängertes Organ, das nach oben einen auffälligen zweilappigen Fortsatz hat (eine abgeleitete Konstruktion, die eine gewisse Ähnlichkeit zur *maenas*-Gruppe zeigt); bei *A. sinensis* (plesiomorpher Merkmalszustand; Abb. 32, 35) ist er nur einfach zweispitzig ohne dorsales Anhängsel, und beim Hybriden (intermediär; Abb. 33, 36) ist dorsal eine schwach ausgebildete, kuppelförmige Ausstülpung zu sehen. Valven: Der dünne Fortsatz an der äußeren Krümmung des dorsalen Valvenabschnitts, der bei *A. dubernardi* so charakteristisch ist, fehlt bei *A. sinensis* und beim Hybriden. Die ventrale, dornartige Verlängerung des Sacculus der Valven ist bei *A. sinensis* relativ kurz und schwach ausgebildet und mehrspitzig; bei *A. dubernardi* ist es eine stark verlängerte, gebogene, einspitzige Dornspitze. Der Hybrid ist bei diesem Merkmal fast so drastisch ausgebildet wie bei *A. dubernardi*. Die dorsalen Fortsätze der Juxta sind bei *A. sinensis* und beim Hybriden rechts und links vollkommen symmetrisch und nur maximal doppelt so lang wie der dorsoventrale Durchmesser des Phallus; bei *A. dubernardi* ist diese Struktur vergrößert und stark asymmetrisch, und zwar ist der rechte Fortsatz fast dreimal so lang wie der linke.

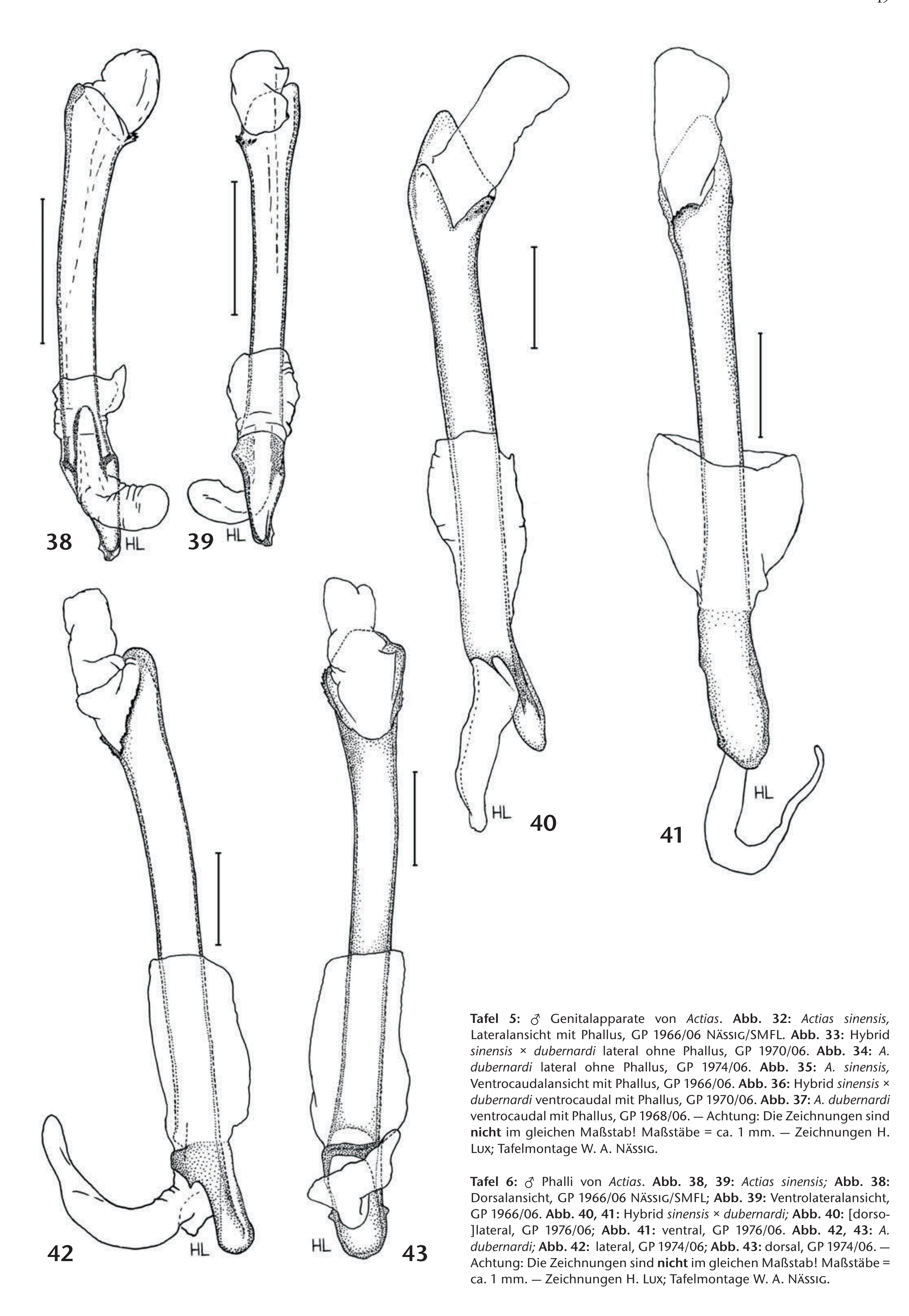
♀. Die Anfertigung eines ♀-Genitalpräparats des Hybriden mißlang teilweise (GP-Nr. Nässig/SMFL 1977/06, Abb. 30, 31). Ursache dafür ist wahrscheinlich, daß zwar keine Eier ausgebildet wurden, aber offenbar die „Rohdottermasse“, die sonst in die Eier als Nährgewebe für die Embryonen eingeschlossen würde, als ziemlich homogene Masse im Abdomen vorliegt und bei der Mazeration (wohl wegen des hohen Fettgehalts?) nicht richtig gelockert und weggelöst wurde (und sich auch in 96% Ethanol nicht weiter auflöst). Hinzu kommt, daß offenbar neben den Eiern auch die körperinneren Strukturen des Kopulationsapparats (Ductus bursae, Bursa copulatrix etc.) offensichtlich unvollständig ausgebildet sind. Es war deswegen nicht möglich, die Genitalarmaturen aus dem Hinterleib unbeschädigt vollständig freizupräparieren; beim Versuch wurden die körperinneren Strukturen teilweise etwas beschädigt, Reste des nicht auslösbaren Körpergewebes blieben daran hängen, und nicht alle Teile konnten sichtbar gemacht werden. Das einzige, was festgestellt werden konnte, ist, daß der äußere Bereich offensichtlich normal entwickelt ist (angefangen bei den zwei Apophysenpaaren über den geschlossenen Ring des Segments A8 bis hin zu Lamella ante- und postvaginalis sowie dem Antrum), wohingegen der innere Bereich ab dem Ductus bursae offensichtlich nicht vollständig und korrekt entwickelt und sicher funktionslos ist.

Diskussion

Der Vergleich des Zuchtverlaufes von *sinensis* und *dubernardi* mit dem Hybriden „sindu“ zeigt Gemeinsamkeiten wie auch deutliche Unterschiede. Verblüffend ist die gegenüber den reinen *sinensis* (Zucht A) praktisch nicht geringere Lebenskraft (Vitalität) des Hybriden. 7 Faltern aus 10 Raupen („sindu“ = 70%) stehen 6 Falter aus quasi 8 Raupen (*sinensis* Zucht A = 75%) gegenüber (Daten aus Magdala). Während bei *sinensis* der zeitliche Verlauf der Zucht sehr einheitlich und kurz ist (Fraßzeit 18–23 d), erstreckt sich dieser beim Hybriden nicht nur über einen längeren Zeitraum, er ist auch deutlich gespreizt (Fraßzeit 24–38 d); er ist damit bei der reinen Larvalzeit doch noch etwas kürzer als bei *dubernardi*. Noch auffälliger ist dies bei der Puppenruhe, die bei *sinensis* nur 13–15 d betrug, bei *dubernardi* 22 d, beim Hybriden jedoch 20–50 d, mit Unterschieden zwischen den Geschlechtern. Des weiteren fällt auf, daß die Kokongewichte des Hybriden deutlich größer waren als die von *sinensis*, bei den ♂♂ das Doppelte, bei den ♀♀ das Eineinhalbfache betrugen, aber mit dem Kokongewicht von *dubernardi* vergleichbar sind. Bemerkenswert ist auch, daß das Hybriden-♀♀ mit der extremen Puppenruhe von 50 d nicht perfekt ausgebildet war, die Schwanzfortsätze der Hinterflügel waren unvollständig ausgestreckt. Defekte bei den geschlüpften ♀♀ wurden auch mehrfach bei den in Quedlinburg gezüchteten Tieren beobachtet, insbesondere eben bei der Schwanzausbildung; ein ♀ hatte dort auch verkürzte Fühler.

Dies und die „leeren“ Hinterleiber der Hybrid-♀♀, in denen keine Eier entwickelt wurden, zeugen von einer deutlich verringerten Vitalität und praktisch ausgeschalteten Fertilität der ♀♀ des Hybriden an; die logische Folgerung, daß *A. sinensis* und *A. dubernardi* zwei getrennte Arten sind, ist allerdings trivial. Die Fertilität der Hybrid-♂♂ wurde nicht getestet; die Organe sind allerdings vollständig ausgebildet und zumindest mechanisch potentiell kopulationsfähig, und zwischen den beiden untersuchten Individuen gab es nur minimale Unterschiede.


HL
32
HL
33
35
HL
34
HL
36
HL
37
HL



Tafel 5: ♂ Genitalapparate von *Actias*. **Abb. 32:** *Actias sinensis,* Lateralansicht mit Phallus, GP 1966/06 NÄSSIG/SMFL. **Abb. 33:** Hybrid *sinensis* × *dubernardi* lateral ohne Phallus, GP 1970/06. **Abb. 34:** *A. dubernardi* lateral ohne Phallus, GP 1974/06. **Abb. 35:** *A. sinensis,* Ventrocaudalansicht mit Phallus, GP 1966/06. **Abb. 36:** Hybrid *sinensis* × *dubernardi* ventrocaudal mit Phallus, GP 1970/06. **Abb. 37:** *A. dubernardi* ventrocaudal mit Phallus, GP 1968/06. — Achtung: Die Zeichnungen sind **nicht** im gleichen Maßstab! Maßstäbe = ca. 1 mm. — Zeichnungen H. LUX; Tafelmontage W. A. NÄSSIG.

Tafel 6: ♂ Phalli von *Actias*. **Abb. 38, 39:** *Actias sinensis;* **Abb. 38:** Dorsalansicht, GP 1966/06 NÄSSIG/SMFL; **Abb. 39:** Ventrolateralansicht, GP 1966/06. **Abb. 40, 41:** Hybrid *sinensis* × *dubernardi;* **Abb. 40:** [dorso-]lateral, GP 1976/06; **Abb. 41:** ventral, GP 1976/06. **Abb. 42, 43:** *A. dubernardi;* **Abb. 42:** lateral, GP 1974/06; **Abb. 43:** dorsal, GP 1974/06. — Achtung: Die Zeichnungen sind **nicht** im gleichen Maßstab! Maßstäbe = ca. 1 mm. — Zeichnungen H. LUX; Tafelmontage W. A. NÄSSIG.

Sowohl bei den Raupen als auch bei den Faltern ist eine deutliche Dominanz des väterlichen *sinensis*-Habitus nicht zu leugnen, aber manche Merkmale sind intermediär ausgebildet, und gelegentlich (vor allen Dingen in der Größe des Genitalapparats) schlägt auch ein Merkmal der Mutterart *A. dubernardi* durch. Auffällig sind die deutlich längeren Schwanzfortsätze des Hybriden gegenüber *sinensis* und die insgesamt wesentlich größere Flügelfläche sowie generell die Größe aller morphologischen Details, die keineswegs als intermediär anzusprechen ist.

Ein Größenvergleich der Falter zeigt, daß die Hybriden bezogen auf die Vorderflügellänge durchweg größer als beide Elternarten sind, obwohl die Futterqualität von *Liquidambar* im September/Oktober 2004 gewiß nicht mehr optimal war. Nur die Hinterflügellänge ist bei *A. dubernardi* am größten. Es ist bemerkenswert, daß die Hybriden im Vergleich zu den Elternarten geradezu „luxurierend" groß sind. Details zu den durchschnittlichen Meßwerten siehe Tabelle 7. Die Größenverhältnisse sind auch den Abbildungen auf Tafel 1 (präparierte Falter im gleichen Maßstab 1:2) zu entnehmen.

Bezüglich der Variabilität der gezüchteten Falter ist festzustellen, daß bei den deutlich mehr als 10 von den Autoren bisher durchgeführten Zuchten von *Actias sinensis* unterschiedlicher chinesischer Provinzen und von Taiwan die Tiere (Raupen wie Imagines) innerhalb einer Zucht durchweg ein recht konstantes Aussehen zeigten, wohingegen die Tiere unterschiedlicher Fundorte (und auch in unterschiedlichen Jahreszeiten = Generationen am selben Ort) im Vergleich dazu eine große Variabilität in Farbe, Zeichnung und auch in der Größe aufweisen (auch teilweise bezüglich der Raupen). *Actias dubernardi* zeigt sich generell wenig variabel. Die Variationsbreite des Hybriden „sindu" ist ebenfalls gering, aber größer als die einer reinblütigen, sich zeitgleich entwickelt habenden *sinensis*-Population.

Alle Hybridfalter schlüpften am Abend nicht vor 20:00 Uhr, in der Regel gegen 21:00 Uhr. Das entspricht in ihrem Verhalten genau dem von *sinensis*.

Taxonomisch-nomenklatorische Anmerkungen zu *Actias isabellae* und generell zu *Actias*

Der Name *Saturnia isabellae* Graëlls wurde (nachdem in einer kurzen Sitzungsnotiz von Fairmaire [basierend auf einer mündlichen Mitteilung von Mieg] 1849 bereits auf die damals gerade neuentdeckte Art unter dem Namen „*Saturnia* ‡*diana*", ein Nomen nudum, hingewiesen wurde) insgesamt **dreimal** als neue Artbeschreibung veröffentlicht; jedoch alle drei Male in der Schreibweise mit „-ll-": Die erste war ein kurzer Sitzungsbericht in „Revue et Magasin de Zoologie" Ende 1849 [möglicherweise erst Anfang 1850 erschienen?]. Die zweite kam [in der ersten Jahreshälfte?] 1850 in den „Annales de la Société entomologique de France" heraus; diese beiden Arbeiten in Französisch. Die dritte erschien schließlich dann in Spanisch in den „Memorias de la Real Academia de Ciencias" (zusammen mit etlichen anderen Neubeschreibungen spanischer Insekten), wobei der erste Teil des ersten Bandes dieser Serie zwar 1850 herauskam; da die Arbeit von Graëlls jedoch erst im zweiten Teil erschien, ist ein späteres Erscheinungsdatum anzunehmen; verschiedene Quellen (Testout 1938, 1940, de Prins 1978 etc.) nennen [1851] und [1852] (siehe auch Nässig 1991). Die fast konstant falsche Zitierweise des Artnamens als ‡„isabelae" in der rezenten spanischen Literatur (wie gesagt: sogar in der spanischen Veröffentlichung der Urbeschreibung durch Graëlls selbst wird auch das „-ll-" verwendet!) und gelegentlich sogar darüber hinaus stammt aus keiner dieser drei „Urbeschreibungen", sondern basiert allein auf der Tatsache, daß im Spanischen die Buchstabenkombination „-ll-" einen anderen Lautwert hat als das einfache „-l-" und diese Art der damaligen spanischen Königin Isabel II. gewidmet wurde; viele spanische Kollegen möchten den Artnamen deswegen emendieren und vom spanischen Originalnamen der Königin abgeleitet sehen. Jedoch wurde dieser Name der Königin für die Bildung des Artnamens zulässigerweise **latinisiert** (also in die lateinische Form „Isabella" — beziehungsweise im Französischen „Isabelle" — überführt), und damit ist die Namensform *isabellae* nach den Nomenklaturregeln absolut korrekt (ICZN 1999: Art. 31.1.1., 31.1.3.; 32.5.1.). Eine Emendation zu ‡„isabelae" ist nach dem Code **unzulässig** (Art. 32.3.; siehe auch Nässig 1991).

Die Art *isabellae* wurde in letzter Zeit aus rein subjektiven und traditionellen Gründen mehrfach wieder als einzige Art in der monotypischen Gattung *Graellsia* Grote, 1896 aufgeführt, zuletzt und erstmals auch mit einer (wenn auch schwachen) explizit phylogenetischen Begründung von Ylla et al. (2005). Ob man die *Actias*-Gruppe besser in drei (folgend Ylla et al.) Gattungen (oder gar noch mehr?) zerlegt oder im Endeffekt doch zu einer zusammenfaßt, möchten wir hier im vorliegenden Rahmen nicht entscheiden. Wir bevorzugen hier zwar absichtlich die rein provisorische Schreibweise *„Actias isabellae"*, mit der Gattung *Actias* im weitesten Sinne, also einschließlich *Argema* und *Graellsia*, gebraucht, möchten jedoch damit keine definitive Statusänderung für die Art *isabellae* oder andere Arten sowie keine ausdrücklichen Synonymisierungen auf Gattungsebene vornehmen.

Dank

Spezieller Dank geht an Dr. Stefan Naumann, Berlin, der freundlichst die Fundprovinzen der beiden Arten aus seiner Sammlung übermittelte und sein umfangreiches Wissen und seine Erfahrung zur Verfügung stellte und auch aktuelle Daten vor der eigenen Publikation zur Verfügung stellte. Daniel Herbin, Fernand Hohl, Robert Lemaître, Alan Marson und Robert Vuattoux gaben Hinweise aus ihren Zuchterfahrungen weiter und/oder schickten uns Separata ihrer Publikationen und/oder Fotos ihrer Zuchten.

Reinhold Höge, Julian Renner und Dr. Jens-Peter Kopelke, SNG, Frankfurt am Main, fertigten einige der

Fotos an; Harald Lux, Bad Homburg, zeichnete die ♂ Genitalpräparate.

Unser ausdrücklicher Dank gilt der Boock oHG, Gärtnerei, Garten- und Landschaftsbau Lobeda, die durch Bereitstellen von hinreichend Laub von *Liquidambar styraciflua* einen erfolgreichen Abschluß der Hybridzucht in Magdala ermöglichte. Gleiches gilt für die Baumschule Werner Braun, Ulm-Eggingen, die ebenfalls große Mengen an Laub von *Liquidambar styraciflua* kostenlos zur Verfügung stellte.

Literatur

Adès, D., Cocault, R., Lemaître, R., & Vuattoux, R. (1989): Obtention de femelles hybrides de *Graellsia isabellae* Graëlls mâle et *Actias luna* Linné femelle (Lepidoptera Attacidae [sic]). — Imago, Biologie et elevage des insectes, Echauffour, **36:** 3–7.

——, ——, ——, & —— (1993a): *Actias luna* Linnaeus — *Actias truncatipennis* Sonthonnax: Espèces différentes ou variations regionales? Hybridations et aberration génétique. — Bulletin de la Société Sciences Nat, Compiègne, **78:** 15–24.

——, ——, ——, & —— (1994): Hybridation entre deux actiens: *Graellsia isabellae* Graëlls mâle et *Actias truncatipennis* Sonthonnax femelle. — Bulletin de la Société Sciences Nat, Compiègne, **81:** 16–18.

——, ——, ——, & —— (1995): Hybridation entre *Graellsia isabellae* ♂ et *Actias artemis* ♀ (Lepidoptera Saturniidae). — Lambillionea, Brüssel, **95** (1): 26–30.

——, ——, ——, & —— (2005): Hybridation entre *Graellsia isabelae* [sic!] (Graells) male et *Actias sinensis* (Walker) femelle: Obtention des femelles. — Lambillionea, Bruxelles, **105** (2): 321–325.

——, ——, ——, ——, & Zaun, R. (1993b): Note d'élevage: Hybridation entre *Graellsia isabellae* Graëlls mâle et *Actias selene* Hubner [sic] femelle. — OPIE Insectes — un autre monde parmi nous, Guyancourt Cédex, **89** (2): 10–11.

——, & Vuattoux, R. (2005): Hybridation en retour entre l'hybride ♂ (*Graellsia isabelae* [sic!] *galliaegloria* ♂ × *Actias sinensis* ♀) et *Actias sinensis* ♀ (Lepidoptera Saturniidae). — Lambillionea, Brüssel, **105** (4): 593–599.

Amiot, P. (1930): Ueber *Saturnia-* (*Eudia-*)Hybriden (Lep.). — Entomologische Zeitschrift, Stuttgart, **44** (4): 56–58, (5): 68–74.

Arora, G. S., & Gupta, I. J. (1979): Taxonomic studies on some of the Indian non-mulberry silkmoths (Lepidoptera: Saturniidae: Saturniinae). — Memoirs of the Zoological Survey of India, Calcutta, **16** (1): 1–63.

Bollow, C. (1932): 13. Familie, Saturniidae. — S. 129–135, Taf. 11, 14 *in:* Seitz, A. (1930–1933) (Hrsg.), Die Gross-Schmetterlinge der Erde, **Supplement** zu Band **2.** — Stuttgart (A. Kernen), vii + 315 S., III + Taf. 1–16.

Brechlin, R. (2000): Eine neue Art der Gattung *Actias* Leach, 1815 aus Südvietnam: *Actias australovietnama* n. sp. (Lepidoptera: Saturniidae). — Nachrichten des Entomologischen Vereins Apollo, Frankfurt am Main, N.F. **21** (1): 33–37.

Brosch, U., Naumann, S., Paukstadt, L. H., Paukstadt, U., Tcherniak, I., & Beeke, M. (1999): Anmerkungen zur Brahmaeiden- und Saturniidenfauna von Laos und Kambodscha (Lepidoptera: Bombycoidea). — Galathea, Berichte des Kreises Nürnberger Entomologen, Nürnberg, **Supplement 6:** 33–58.

Candèze, L. (1927): Lépidoptères hétérocères de l'Indochine française. — Encyclopédie entomologique, sér. B, Memoires et notes, III, Lepidoptera, Paris, **2** (3/4): 73–133.

Cocault, R., Lecoq, G., & Vuattoux, R. (1979): Réussite d'une hybridation entre *Graellsia isabellae* ♂ et *Actias luna* ♀. — Alexanor, Paris, **11** (4): 176–177. (1980 in deutscher Übersetzung noch einmal in der Entomologischen Zeitschrift, Stuttgart, **90** (1), erschienen.)

de Joannis, J. (1928–1931): Lépidoptères Héterocères du Tonkin. — Paris, 597 S., 6 Taf. [Separatpublikation als Buch 1931; im Original in Fortsetzungen abgedruckt in den Annales de la Société Entomologique de France **97–98,** 1928–1929; Saturniidae: 1929; **98:** 522–526].

de Lesse, H. (1961): Les hybrides naturels entre *Lysandra coridon* Poda et *L. bellargus* Rott. — Alexanor, Paris, **2:** 22–30.

—— (1969): Les hybrides naturels entre *Lysandra coridon* Poda et *L. bellargus* Rott., 2e note. — Alexanor, Paris, **6:** 73–82.

Deml, R., & Dettner, K. (1997): Chemical defence of emperor moths and tussock moths (Lepidoptera: Saturniidae, Lymantriidae). — Entomologia Generalis, Stuttgart, **21** (4): 225–251.

——, & —— (2002): Morphology and classification of larval scoli of Saturniinae and Hemileucinae (Lepidoptera: Saturniidae). — Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research, Berlin, **40:** 82–91.

Denso, P. (1912): Anhang. Schwärmerhybriden. — S. 260–270 *in:* Seitz, A. (1909–1913) (Hrsg.), Die Gross-Schmetterlinge der Erde, Band **2,** Die palaearktischen Spinner und Schwärmer. — Stuttgart (A. Kernen), vii + 479 S., III + Taf. 1–56.

de Prins, W. O. (1978): 3.— De nomenklatuur van *Graellsia isabelae* [sic!] Graëlls. — Bulletin de le Cercle des Lépidopteristes de Belgique **7** (1): 14–15.

Fairmaire, L. (1849): [Kurze Sitzungsnotiz unter „Bulletin entomologique" ohne Titel über einen mündlichen Hinweis von Mieg in der Sitzung der Société entomologique de France vom 25. Juli 1849; im Sachregister des Bandes findet sich ein Stichwort „*Saturnia Diana*. Nouvelle espèce prise dans le Montagnes des environs de Madrid, par M. Mieg. p. lxii."]. — Annales de la Société entomologique de France, Paris, (2) **7:** lxii.

Gardiner, B. O. C. (1982): A silkmoth rearer's handbook, 3. Auflage. — The Amateur Entomologist **12;** xiii + 255 S., XXXII + 26 Taf.

Graëlls, M. de la Paz (1849): Description d'un Lépidoptère nouveau de la tribu des Saturnides, appartenant à la faune entomologique espagnole. — Revue et Magasin de Zoologie pure et appliquée, Paris, (2) **1:** 601–602.

—— (1850): Description d'un Lépidoptère nouveau de la tribu des Saturnides, appartenant à la faune centrale d'Espagne. — Annales de la Société entomologique de France, Paris, (2) **8:** 241–245, Taf. viii.

—— (1850 [1851/1852?]): Descripcion de algunos insectos nuevos pertenecientes à la fauna central de España. — Memorias de la Real Academia de Ciencias, Madrid, **1** (2): 109–163, Taf. 8–10.

Haxaire, J. (2005): "Couverture. Face. *Actias dubernardii* [sic] Oberthür, 1897 mâle ab ovo, Chine, Hunan. Dos.: Chenille d'*Actias dubernardii* [sic] au 5ème stade sur *Pinus sylvestris*" [= Legende zum Titelblatt, ohne separaten Titel und ohne Textbeitrag]. — Lambillionea, Revue internationale d'Entomologie, Brüssel, **105** (2), I: [Legende zum vorderen und hinteren Deckblatt].

Heppner, J. B., Wang Y. H. & Chang Y.-C. (1988): Larval morphology of Taiwan Saturniidae (Lepidoptera): *Actias selene ningpoana* Felder. — Journal of Taiwan Museum **41** (2): 107–114.

Jordan, K. (1911): 13. Familie, Saturniidae. — S. 209–226, Taf. 31–35 *in:* Seitz, A. (1909–1913) (Hrsg.), Die Gross-Schmetterlinge der Erde, Band **2,** Die palaearktischen Spinner und Schwärmer. — Stuttgart (A. Kernen), vii + 479 S., III + Taf. 1–56.

Kristensen, N. P. (2003): 4. Skeleton and muscles: adults. — Pp. 39–131 *in:* Kristensen, N. P. (ed.), Lepidoptera, moths and butterflies. Vol. **2:** morphology, physiology, and development. — Part **36** *in:* Fischer, M. (serial ed.), Handbook of Zoology, vol. **IV,** Arthropoda: Insecta. — xii + 564 pp.; Berlin, New York (W. de Gruyter).

Lemée, A. (1950): Contribution à l'étude des Lépidoptères du Haut-Tonkin (Nord-Vietnam) et de Saïgon [mit Beiträgen von W. H. T. Tams]. — Brest (I.C.A.), 82 S., 1 Taf.

Loeliger, E. A., & Karrer, F. (1996): On the induction of metamorphosis of Lepidoptera by means of ecdysone and 20-hydroxyecdysone. — Nota lepidopterologica **19** (1/2): 113–128.

Mell, R. (1914): Eine neue und eine wenig bekannte *Actias* aus China. — Entomologische Rundschau, Stuttgart, **31** (6): 31–32.

—— (1950): Aus der Biologie der chinesischen *Actias* Leach (*Argema chapae* sp. n., *A. sinensis* f. *virescens* f. n.). — Entomologische Zeitschrift, Stuttgart, **60** (6): 41–45, (7): 53–56.

Nässig, W. (1980 [„1979"]): Zur Zucht von *Actias sinensis* Walker (Attacidae) [sic]. — Nachrichten des Entomologischen Vereins Apollo, Frankfurt am Main, [A.F.] **4** (3/4): 42–48.

—— (1989): Wehrorgane und Wehrmechanismen bei Saturniidenraupen (Lepidoptera, Saturniidae). — Verhandlungen des 1. Westdeutschen Entomologentags, Düsseldorf, **1988:** 253–264.

—— (1991): Biological observations and taxonomic notes on *Actias isabellae* (Graëlls) (Lepidoptera, Saturniidae). — Nota lepidopterologica **14** (2): 131–143.

—— (1994): Vorläufige Anmerkungen zur Saturniiden- und Brahmaeidenfauna von Vietnam mit Neubeschreibungen (Lepidoptera). — Nachrichten des Entomologischen Vereins Apollo, Frankfurt am Main, N.F. **15** (3): 339–358.

Naumann, S. (2006): Notes on *Actias dubernardi* (Oberthür, 1897), with description of the early instars (Lepidoptera: Saturniidae). — Nachrichten des Entomologischen Vereins Apollo, Frankfurt am Main, N.F. **27** (1/2): 9–16.

——, & Bouyer, T. (1998): *Actias angulocaudata* n. sp., eine neue Saturniide aus der Volksrepublik China (Lepidoptera, Saturniidae). — Entomologische Zeitschrift, Essen, **108** (6): 224–231.

Oberthür, C. (1897): Description d'une espèce nouvelle de *Tropaea* [Lépid. hétéroc. fam. Saturniidae]. — Bulletin de la Société Entomologique de France, Paris, **1897:** 129–131.

Ong S. K. & Yu C. K. (1968): Description of *Actias* (Saturniidae). — Milwaukee Public Museum, Occasional Papers, Natural History, **1:** 10–11, Taf. III.

Owada, M., & Wang H.-Y. (1992): 117. Saturniidae. — S. 156 *in:* Heppner, J. B., & Inoue, H. (Hrsg.), Lepidoptera of Taiwan, Vol. **1,** Part 2: Checklist. — Gainesville (ATL, Scientific Publ.), xlix + 276 S.

Paukstadt, U., & Paukstadt, L. H. (1993): Die Präimaginalstadien von *Actias groenendaeli* Roepke 1954 von Timor, Indonesien, sowie Angaben zur Biologie und Ökologie (Lepidoptera: Saturniidae). — Entomologische Zeitschrift, Essen, **103** (17): 305–314.

Pinratana, A., & Lampe, R. E. J. (1990): Moths of Thailand, vol. one, Saturniidae. — Bangkok (Brothers of St. Gabriel/Bosco Offset), 47 S., 44 Farbtaf.

Plontke, R., & Predel, R. (1999): Einleitung der Metamorphose durch Ecdyson-Injektion bei weiblichen Puppen des Hybriden ♂ *Smerinthus ocellata* Linnaeus, 1758 × ♀ *Smerinthus planus* Walker, 1856 (Lep., Sphingidae). — Entomologische Nachrichten und Berichte, Dresden, **43** (3/4): 241–248.

Roepke, W. (1954): Some new or little known Lepidoptera from Indonesia and New Guinea. I. — Tijdschrift voor Entomologie **97** (4): 257–262, Taf. 3.

Schurian, K. G. (1989): Bemerkungen zu „*Lysandra cormion* Nabokov 1941" (Lepidoptera: Lycaenidae). — Nachrichten des Entomologischen Vereins Apollo, Frankfurt am Main, N.F. **10** (2): 183–192.

Standfuss, M. (1896): Handbuch der paläarktischen Gross-Schmetterlinge für Forscher und Sammler. — Jena (G. Fischer), xii + 392 S., 8 Taf.

—— (1900): Experimentelle zoologische Studien mit Lepidopteren. — Neue Denkschriften der allgemeinen schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften, Zürich, **36:** [2] + 81 S., 5 Taf.

Testout, H. (1936): Contribution a l'étude des Saturnioïdes (Lépidopt. Héteroc.). — Annales de la Société Linnéenne de Lyon, Lyon, **79:** 30–51, Taf. I–III.

—— (1938): Contributions a l'étude des Lépidoptères Saturnioïdes (V) 1. *Graëllsia Isabellae* Graëlls, d'Espagne et sa forme française *Galliaegloria* Oberthür, commentaire historique et biologique (avec une carte). — Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon, Lyon, **7** (9): 257–266.

—— (1940): Notes sur *Graellsia isabellae* Graëlls d'Espagne et sur sa forme française *galliaegloria* Oberthür (Lep., Saturn.). — VI. Congreso Internacional d'Entomologia 1935, Madrid, Tagungsberichtsbände, Band **1** (Madrid 1940): 295–304.

Větvička, V. (1995): Dausien's großes Buch der Bäume und Sträucher. — Hanau (Werner Dausien), 3. Auflage, 308 S.

Vuattoux, R. (1983): Hybridation entre *Graellsia isabellae* Graëlls ♂ et *Actias heterogyna* Mell ♀. — Bulletin de la Société Sciences Nat, Compiègne, **40:** 1.

Walker, F. (1855): List of the specimens of lepidopterous insects in the collection of the British Museum. Part **VI.** — Lepidoptera Heterocera. — London (Trustees of the BMNH), [2] S. + S. 1259–1507.

Wu, Y., & Naumann, S. (2006): The preimaginal instars of *Actias chapae* (Mell, 1950) (Lepidoptera: Saturniidae). — Nachrichten des Entomologischen Vereins Apollo, Frankfurt am Main, N.F. **27** (1/2): 17–21.

Ylla, J., Peigler, R. S., & Kawahara, A. Y. (2005): Cladistic analysis of moon moths using morphology, molecules, and behaviour: *Actias* Leach, 1815; *Argema* Wallengren, 1858; *Graellsia* Grote, 1896 (Lepidoptera: Saturniidae). — SHILAP Revista de Lepidopterologia, Madrid, **33** (131): 299–317.

Zhu Hongfu & Wang Linyao (1993): The Saturniidae of China (Lepidoptera). I. subfamily Attacinae. II. subfamily Saturniinae. — Sinozoologia, Beijing, **10:** 251–296.

—— & —— (1996): Fauna Sinica, Insecta vol. **5,** Lepidoptera: Bombycidae, Saturniidae, Thyrididae. — Beijing (Science Press), x + 302 S., xviii Taf.

Internetzitate

Brosch, U., & Naumann, S. ([1999–]2006): Brahmaeidae und Saturniidae von Laos und Kambodscha — eine vorläufige Zusammenstellung. — http://www.saturniidae-mundi.de/laos/ laos.htm (zuletzt aufgerufen: 22. v. 2006).